SISTEME ÎN ŞTIINŢELE NATURII

SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII • SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII • SISTEME IN

SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII • SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII • SISTEME

SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII • SISTEME IN ŞTIINŢELE NATURII

Coordonator MIRCEA MALIŢA

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Lei 8,50

Știința sistemelor a trecut în ultimul timp din sfera generală a modelelor matematice, la aplicații în diferite domenii dovedindu-și, în toate cazurile, fertilitatea.
Prezentul volum grupează unsprezece studii care se extind de la matematică la biologie și psihologie, incluzînd și fizica, atît sub forma clasică (mecanică, electromagnetism), fenomenologică, cît și relativistă (modele cosmologice și problema vidului). La aceste domenii trebuie să adăugăm cibernetica, atît generală cît și industrială (sisteme om-proces).
Tocmai gama largă de aplicabilitate ca și tratarea unitară a problemelor, în același cadru teoretic, arată cît de puternic este instrumentul dat de teoria sistemelor.

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Comitetul român de istoria și filozofia științei

SISTEME ÎN ȘTIINȚELE NATURII

Coordonator

MIRCEA MALIȚA

membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

București, 1979

Systems in the natural sciences

Системы в естественных науках

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA
Calea Victoriei nr. 125, sectorul 1, Bucureşti, 71021

PREFAŢĂ

Prezentul volum cuprinde o parte din comunicările sesiunii organizate de Comitetul Român pentru Istoria şi Filozofia Ştiinţei, consacrată progresului conceptului de sistem în metodologia ştiinţelor naturii. Sesiunea a demonstrat prin rezultatele şi dezbaterile sale atracţia considerabilă pe care o exercită şcoala sistemelor pentru cercetătorii noştrii, larga şi bogata perspectivă pe care o deschide în diferite ramuri de preocupări.

Unul dintre cele mai grăitoare avantaje ale noii metode este stabilirea izomorfismului modelelor, care continuă şi dezvoltă ideea de similitudine şi de analogie între sisteme. Vorbim de izomorfism — un termen matematic care denotă corespondenţa biunivocă a elementelor cu păstrarea relaţiilor din două sisteme — cînd două fenomene, nu neapărat înrudite din punct de vedere al naturii lor fizice, sînt descrise de aceleaşi ecuaţii sau a căror legi au aceeaşi expresie matematică.

Întreg elanul cercetărilor de tip sistemic are la bază acest principiu al izomorfismului conceptelor, legilor şi modelelor din diferite domenii, deschizînd calea transferului de metode de la un domeniu la altul. Sînt favorizate astfel ştiinţele în care evoluţia conceptuală şi teoretică nu a cunoscut avîntul altor ştiinţe de vîrf, se economiseşte efortul teoretic al diferitelor ramuri ale cercetării şi se promovează viziunea de ansamblu a ştiinţei. Izomorfismul este un principiu unificator al ştiinţei, prin noul criteriu de ordonare pe care îl oferă, numeroase enunţuri din teoria sistemelor fiind valabile într-o mare varietate de cazuri, a căror natură nu sugera pînă acum nici o apropiere. El este unul din argumentele cele mai puternice în favoarea cercetărilor inter-pluri-şi multi-disciplinare. Este o caracteristică a lucrărilor sistemice de a nu mai respecta diviziunea clasică a ştiinţelor şi de a cuprinde sub una şi aceeaşi egidă lucrări de fizică, matematică, mecanică şi biologie, ca în volumul de faţă. Evoluţia cea mai promiţătoare a modului sistemic de a aborda problemele este rezolvarea temelor de tip socio-tehnic, unde separarea tradiţională a aspectelor tehnice ale producţiei de cele umane, sociale sau decizionale a condus la rezultate fragmentate, incomplete şi neintegrate.

Rareori s-a exercitat asupra metodelor matematice o presiune mai mare de a furniza modele mai rafinate, capabile să surprindă fenomene de complexitate crescîndă. Odată acceptate nevoia modelării, legitimitatea şi avantajele ei, se pune şi problema perfecţio-

nării instrumentelor din care sînt alcătuite modelele, în speță teoriile și conceptele matematice. Astăzi, un mare număr de procedee și algoritmi sînt folosite de către metoda sistemelor, care le-a colectat din diferite ramuri și le-a dat putere de circulație. Este vorba de teoria automatelor cu un număr finit de stări, de teoria automatelor și limbajelor formale și de procesele stocastice care se adaugă la totalitatea metodelor de programare matematică, de cercetări operaționale în general, care au fost elaborate sub semnul optimizării în ultimul timp în tehnică, organizare și economie.

De cel mai mare folos pentru avansul noilor metode care sînt în fond instrumente de stăpînire a complexității sînt calculatoarele cu memorii uriașe. Observăm însă că progresele pe care ele le-au înregistrat țin în special de tehnica de construcție și de miniaturizare, de ceea ce inginerii numesc „hardware". Considerabile rezultate au fost obținute și în domeniul limbajelor automate care astăzi îngăduie transcrierea unui mare număr de probleme în limbajul mașinilor („software"). Știm să folosim mașinile de calcul și le avem la dispoziția noastră mai ieftine și mai accesibile ca oricînd. Știm de asemenea să vorbim în limba calculatorului, adică în scrierea rapidă a programului de calcul. Ceea ce se dezvoltă însă mult prea lent față de ritmurile imprimate de știința actuală este fabricarea de modele, capacitatea de a descrie fenomenele în relații cantitative sau în simboluri matematice, în special în biologie și sociologie („fineware"). Este una din situațiile în care capacitatea calculatoarelor a luat-o înaintea utilizării lor, inspirînd noi aplicații și noi metode de modelare a fenomenelor.

Școala românească participă la această sarcină universală, de natură teoretică, care se pune în prezent în fața unui mare număr de domenii de cercetare. Volumul începe prin introducerea unui nou concept dezvoltat în cadrul școlii românești: arhitectura sistemelor.

În scopul stimulării acestor eforturi și mai ales a apropierii cercetărilor din diferite ramuri care nu se întîlnesc în suficientă măsură pe un teren instituțional multidisciplinar, Academia R.S.R. și-a propus să dezbată, să compare și să lege cercetări și rezultate, călăuzite de metodologia sistemică. Prezentul volum, împreună cu Sistemele în științele sociale *nu acoperă întregul front al cercetărilor. Ele servesc doar ca ilustrări ale unor preocupări actuale, deschizînd calea unor noi contribuții metodologice în curs de maturizare în numeroase din laboratoarele noastre de investigație științifică, în strînsă legătură cu problemele practice puse de tenhica modernă și construcția socială.*

M. MALIȚA

CUPRINS

• Arhitectura sistemelor tehnice

M. DRĂGĂNESCU

1. Noţiunea de *arhitectură* a unui sistem a fost introdusă ca o extindere posibilă a noţiunii de *arhitectură a unui calculator electronic* [1]. Există cîteva definiţii ale arhitecturii unui calculator, trecute în revistă într-o lucrare anterioară [1], se organizează conferinţe naţionale şi internaţionale avînd ca temă arhitectura calculatoarelor electronice, se dezbat şi pentru ţara noastră problemele arhitecturii viitoarelor calculatoare electronice [2, 3]. Noţiunea de arhitectură pentru calculatoare şi reţele de calculatoare electronice s-a impus definitiv, arhitectura fiind altceva decît structura hardware şi software a calculatorului. Structurile hardware şi software determină un *calculator abstract* a cărui arhitectură este exprimată în primul rînd prin setul de instrucţiuni, inclusiv modul de realizare al acestora în timp şi chiar în spaţiu.

Arhitectura este ceea ce calculatorul abstract oferă beneficiarului, mai exact funcţiunile sale executabile în spaţiu şi timp, indiferent dacă aceste funcţiuni se execută prin structuri hardware sau software. Arhitectura se oferă unui utilizator la o anumită interfaţă a sistemului, inclusiv la un anumit palier de limbaj.

Nu este greu de a extinde această noţiune la sistemele tehnice ci şi la cele biologice, psihologice, socio-tehnice sau sociale, după cum s-a arătat în lucrarea [1]. Mai important este faptul dacă noţiunea de *arhitectură*, prezintă importanţă teoretică şi de metodă în ştiinţa sistemelor şi în particular în ingineria sistemelor. Importanţa noţiunii de arhitectură pentru calculatoare electronice şi sisteme cu calculatoare electronice nu mai trebuie demonstrată, ea şi-a dovedit utilitatea.

Dacă ne gîndim la o utilizare extrem de extinsă a noţiunii de *arhitectură* atunci ea va trebui examinată în raport cu noţiu-

nile de *structură* și *funcțiune*, cu problemele structuralismului, funcționalismului, gestalltismului și holismului [4–8]. S-ar putea ca studiind arhitectura psihologică a omului să fie nevoie de o definiție a arhitecturii, chiar pentru sistemele tehnice observate de om, mai bogată decît aceea pe care o putem adopta în mod normal pentru aceste sisteme.

Noțiunea de arhitectură se poate aplica și operelor de artă, literare și în general multor realități observate de om din momentul în care acestea vin în „contact" cu arhitectura sa psihologică [9].

Se poate remarca că studiul noțiunii de arhitectură trebuie examinat din multe puncte de vedere și nu credem că dispunem de suficiente analize ale proceselor și obiectelor care ne înconjoară din punctul de vedere al acestei noțiuni pentru a o defini încă suficient de sigur, sintetic și definitiv. Dacă am alege oricum o definiție generală de la care să pornim și s-o respectăm cu rigurozitate s-ar putea să întîlnim dificultăți deosebit de mari sau să fim forțați să urmăm toate consecințele unei definiții rigide care ne-ar duce la concluzii logice în raport cu ea, dar necorespunzătoare în raport cu realitatea. De aceea vom prefera a admite o perioadă de gestație a acestei noțiuni, bazîndu-ne pe constituirea în mintea cititorului a unei noțiuni intuitive, bogate privind arhitectura și operînd, pe porțiuni, cu definiții de lucru, care nu vor fi considerate definitive.

Avînd despre arhitectură o imagine care cuprinde funcțiunile pe care le poate realiza un sistem, prin anumite structuri, la o interfață sau un palier de acces, inclusiv „impresia" globală pe care o exercită asupra observatorului, natural sau artificial, dacă și acesta din urmă ar putea avea o impresie globală, vom contura totuși, această noțiune. Arhitectura, în general, poate avea și componente afective, dacă observatorul are afectivitate. Sistemul văzut arhitectural, apare într-un anumit mod pe planul logic al unui observator sau pe planul general psihic al observatorului. Este adevărat că și structura poate fi „văzută" fizic sau logic, există structuri fizice și logice de date în informatică, există structuri vizibile, concrete în societate și structuri mai ascunse, inconștiente, spontane, dar care pot fi sesizate prin cunoaștere științifică [10]. Arhitectura este însă, se poate spune, o structură a funcțiunilor sistemului în raport cu un observator care îl privește într-un anumit mod, la o anumită interfață, cu un anumit interes sau scop, eventual cu anumite instrumente.

Arhitectura fiind o noțiune orientată spre observator, acesta poate defini o arhitectură conform nevoilor și aspirațiilor sale iar după aceea să caute structurile prin care să realizeze arhitectura respectivă. Arhitectura este un mod de a privi nu numai sistemele existente ci mai ales creația și construcția unor noi sisteme, de a înțelege și evalua sistemele construite și create de alții. Cele mai importante noțiuni legate de un sistem sînt deci noțiunile de arhitectură, structură și funcțiune, între acestea fiind o strînsă legătură.

2. Restrîngînd problema arhitecturii numai la sistemele tehnice, privite din punct de vedere pur logic, vom încerca următoarea definiție de lucru : *arhitectura este setul de funcțiuni de bază pe care un sistem îl poate realiza în timp și spațiu, ca urmare a interacțiunii cu un alt sistem la o anumită interfață sau palier de acces.*

Vom face următoarele observații :

a) Cu ajutorul funcțiunilor de bază, sistemul poate fi comandat, programat, pentru a realiza funcțiuni mai complexe.

b) Un set de funcțiuni mai complexe poate defini o nouă arhitectură a sistemului, văzută la palierul funcțiunilor complexe, dacă ele pot fi comandate sau programate direct. Pentru ilustrare, acesta este cazul, la calculatoare, al limbajelor de nivel superior față de limbajele mașinii sau de asamblare.

c) Componenta temporală a arhitecturii depinde de constantele de timp necesare realizării funcțiunilor de bază, de posibilitatea unui paralelism în realizarea acestor funcțiuni sau a unei anumite suprapuneri în timp a unor părți din funcțiuni, etc.

d) Componenta spațială interesează la sistemele distribuite geografic, în raport cu realizarea funcțiunilor de bază și prin acestea a unor funcții mai complexe.

Arhitectura, conform definiției, este un concept logic, dar care nu este cu totul independent de structură și de funcțiunile structurilor care compun sistemul. Spre exemplu, o funcțiune care implică spațiul în realizarea ei trebuie să recurgă la structuri în spațiu, acestea din urmă își vor pune amprenta asupra arhitecturii.

Importanța conceptului de arhitectură consistă în faptul că el poate reprezenta limbajul concentrat în care să se exprime cerințele beneficiarului sistemului.

Un element important al arhitecturii îl constituie și *modul* în care sistemul permite îmbinarea funcțiilor sale.

Modul de îmbinare al funcţiilor este legat de proprietăţile spaţio-temporale ale arhitecturii.

Funcţiile sistemului oricît de disparate ar apare ele constituie, cel puţin pe plan logic o structură. În acest sens, arhitectura este o structură, dar o structură deosebită de ceea ce se înţelege în mod normal prin structură. Arhitectura este o structură de funcţiuni.

3. Să trecem la examinarea unui caz concret, spre exemplu o întreprindere ca sistem tehnico-economic şi de producţie. Arhitectura ei cea mai generală, pentru întreprinderile de tip clasic, cuprinde trei funcţii :

a) de proces tehnologic de producţie ;

b) de programare, lansare şi urmărire a producţiei ;

c) de conducere a sistemului de producţie care este întreprinderea în totalitatea ei.

La fiecare din aceste funcţii corespunde un sistem informaţional de control şi decizie. Primei funcţii îi corespunde controlul automat al proceselor tehnologice ; celei de-a doua îi corespunde un sistem informatic al producţiei ; celei de-a treia funcţii îi corespunde sistemul informatic de conducere. Cele trei funcţii împreună cu sistemele informaţionale respective de control şi decizie determină arhitectura (fig. 1) de bază a unei întreprinderi [11].

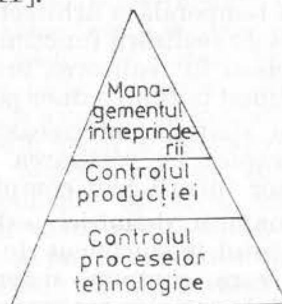


Fig. 1

Dacă însă se vor impune şi ideile procesului ciclic activ [12], atunci arhitectura întreprinderii, în trăsăturile ei cele mai generale, trebuie să fie mai bogată, cuprinzînd şi procese tehnologice secundare care prelucrează sau generează materii prime secundare, precum şi un „management al energiei", funcţie deosebit de importantă astăzi. Managementul energiei

presupune un sistem de surse energetice locale (solare, eoliene, deşeuri, căderi de apă) corelat cu energia primită din exterior, cu un control riguros al consumului de energie al fiecărui agregat, reducerea pierderilor de energie la transportul acesteia etc.

Privind arhitectura întreprinderii prin viziunea largă a întregii noastre societăţi, va mai trebui să adăugăm un sistem de alarmă şi urgenţă ecologică în cazul în care apare pericolul unei eliminări de substanţe nocive, în atmosferă, în apă sau pe sol şi un sistem de alarmare şi urgenţă în raport cu securitatea instalaţiilor întreprinderii.

Abordarea arhitecturală prin funcţiuni în raport cu societatea dar şi cu managementul întreprinderii (care este dealtfel un nod al structurii de conducere a societăţii) nu se impunea atît în trecut pe cît se impune astăzi. Întreprinderea reprezentată în figura 1 are o arhitectură mai săracă, aceea din figura 2 o arhitectură modernă, bogată, corespunzătoare problematicii

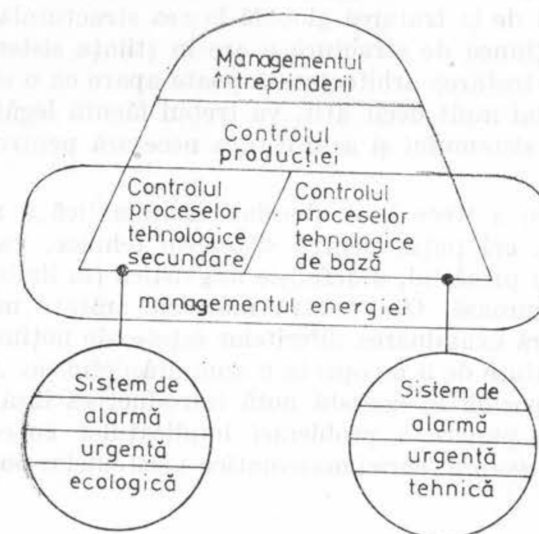


Fig. 2

economico-ecologice a societăţii contemporane. A gîndi arhitectural, înseamnă a gîndi sistemic, dar de regulă asupra a ceea ce este mai general şi esenţial la un sistem, după cum este evident în cazul de mai sus.

4. Tratarea matematică a sistemelor se referă la structură şi funcţiuni, pînă acum nu s-a pus problema unei abordări matematice a aspectelor arhitecturale. Nici la calculatoare electronice unde noţiunea de arhitectură este uzuală, nu se dispune de un mod de tratare matematic.

Acest lucru nu înseamnă a renunţa la abordarea arhitecturală căci o gîndire arhitecturală asupra sistemelor complexe poate prezenta avantajul unei gîndiri sintetice în raport cu obiectivele acestora.

Abordarea matematică a arhitecturii ar prezenta avantajul de a formaliza trecerea de la cerinţele funcţionale ale sistemului la structura lui.

Se ştie că sistemele complexe pot fi modelate global prin cel mai simplu model matematic care descrie trăsăturile esenţiale ale sistemului în raport cu obiectivele care-i revin.

Saltul de la tratarea globală la cea structurală (în sensul pe care noţiunea de structură o are în ştiinţa sistemelor) este prea mare, tratarea arhitecturală poate apare ca o etapă intermediară. Mai mult decît atît, va trebui făcută legătura dintre obiectivele sistemului şi arhitectura necesară pentru atingerea acestora.

Pentru a trece la o abordare matematică a noţiunii de arhitectură, cel puţin pentru sistemele tehnice, va trebui să se obţină în prealabil, o definiţie lingvistică (în limbaj natural) cît mai riguroasă. Or, pentru motivele arătate mai înainte, este necesară examinarea diferitelor faţete ale noţiunii de arhitectură, înainte de a ne opri la o anumită definiţie. Acest lucru nu a fost posibil în această notă introductivă însă am considerat că o punere a problemei implicaţiilor conceptului de arhitectură asupra teoriei matematice a sistemelor poate fi utilă.

BIBLIOGRAFIE

1. M. Drăgănescu, *Arhitectură şi structură în sisteme deschise şi introdeschise*, Comunicare la sesiunea Secţiei de ştiinţe tehnice a Academiei R.S. România, 15 noiembrie 1978. Preprint, Institutul central pentru conducere şi informatică, Bucureşti, 1978.

2. Vasile Baltac, *Arhitectura viitoarelor calculatoare electronice*, Comunicare la sesiunea Colectivului de prognoză al Academiei R. S. România, 24 martie 1978.
3. M. Drăgănescu, *Arhitectura calculatoarelor într-o perioadă de schimbări radicale. Privire în perspectivă asupra implicaţiilor informaticii în viaţa întreprinderilor*, Scînteia, 27 septembrie 1978.
4. * * * *Dicţionar de filozofie*, Editura politică, Bucureşti, 1978; p. 670–672; 297, 303–304; 330–332.
5. Jean Piaget, *Le structuralisme*, Presse Universitaire de France, Paris, 1968.
6. C. I. Gulian, *Marxism şi structuralism*, Editura politică, Bucureşti, 1976.
7. K. Koffka, *Principles of Gestalt psychology*, New York, 1935.
8. Robert Escarpit, *Théorie générale de l'information et de la communication*, Hachette, Paris, 1976.
9. M. Drăgănescu, *Informaţia între practică şi fenomen*, comunicare, 1979.
10. Claude Lévi-Strauss, *Antropologia structurală* (traducere din limba franceză), Colecţia „Idei contemporane", Editura politică, Bucureşti, 1978.
11. Raymond J. Mouly, *Systems engineering in the Glass Industry*, IEEE Transactions on system science and cybernetics, SSC-5, 300–312 (1969).
12. * * * Dezbaterea din „Revista economică" colecţia anului 1978 privind *Procesul ciclic activ* organizată şi condusă de dr.Maria Popescu.

• Modele matematice în mecanica solidelor

P. P. TEODORESCU

1°. În mod obişnuit, prin *model* se înţelege un obiect sau un dispozitiv creat artificial de om, care seamănă într-o anumită măsură cu un altul, acesta din urmă fiind un obiect de cercetare sau de interes practic. Noţiunea ştiinţifică de model se referă la un mod de cunoaştere a realităţii, care constă în reprezentarea fenomenului studiat cu ajutorul unui sistem construit artificial. Proprietatea cea mai generală a unui model este deci capacitatea lui de a reflecta, de a reproduce lucruri şi fenomene ale lumii obiective, ordinea lor necesară, structura lor.

De la început, putem împărţi modelele în două mari clase: modele tehnice sau materiale şi modele imaginate sau ideale; această împărţire se face după modul construirii modelelor şi după mijloacele prin care se reproduc obiectele studiate.

Modelele tehnice sînt create de om, dar există obiectiv, independent de conştiinţa lui, fiind materializate în lemn, metal, cîmpuri electromagnetice etc. Destinaţia lor este de a reproduce în scop cognitiv obiectul studiat, pentru a reda structura sau unele din proprietăţile lui. Modelul poate să păstreze sau nu natura fizică a obiectului studiat sau asemănarea geometrică cu acesta. Dacă se păstrează asemănarea geometrică, dar modelul diferă prin natura sa fizică, avem de-a face cu *sisteme analogice*. De exemplu, modelele electrice pot reproduce procese analoage cu cele care au loc în mecanica solidelor deformabile, diferite calitativ, dar descrise cu ecuaţii analoage. Aceste modele, ca şi altele de acelaşi fel, se încadrează în clasa *modelelor matematice*.

Modelele ideale nu sînt, în general, idealizate şi — adesea — nici nu pot fi. Din punctul de vedere al formei lor le putem împărţi în două tipuri.

Modelele de ordinul întîi se construiesc din elemente intuitive care au o anumită asemănare cu elementele corespunzătoare ale fenomenului real modelat; observăm că această asemănare

poate să nu se mărginească numai la relațiile spațiale și se poate extinde și la alte laturi ale modelului și obiectului (de exemplu, caracterul mișcării). Intuitivitatea acestor modele se manifestă întîi prin faptul că sînt intuitive însăși modelele formate din elemente perceptibile senzorial (plăci, pîrghii, tuburi, fluide, vîrtejuri etc.) și în al doilea rînd prin faptul că sînt imagini intuitive ale obiectelor însăși. Adesea aceste modele se fixează sub formă de scheme.

Modelele de ordinul al doilea sînt sisteme de semne, elementele lor fiind semne speciale; relațiile logice dintre ele formează, de asemenea, un sistem, fiind exprimate tot prin semne speciale. În acest caz, nu există asemănare între elementele modelului și elementele obiectului corespunzător. Modelele de ordinul al doilea nu posedă intuitivitate în sensul asemănării spațiale sau al analogiei fizice; ele nu au, prin natura lor fizică, nimic comun cu natura obiectelor modelate. Modelele de ordinul al doilea reflectă realitatea pe plan gnoseologic, pe baza izomorfismului lor cu această realitate; se presupune astfel o corespondență biunivocă între fiecare element și fiecare relație a modelului . Aceste modele reproduc obiectele studiate într-o formă simplificată, constituind — ca toate modelele — o anumită idealizare a realității.

Tipurile de modele ideale menționate mai sus pot fi privite drept cazuri limită; într-adevăr, există modele care îmbină trăsături comune ale ambelor tipuri de modele descrise mai sus. Asemenea modele sînt deosebit de importante și utilizarea lor sistematică a permis — între altele — dezvoltarea mare pe care a luat-o, în ultimul timp, mecanica solidelor deformabile.

Contradicția dialectică fundamentală a modelării (modelul servește la cunoașterea obiectului tocmai pentru că nu este identic cu acesta) se manifestă în mod deosebit în cunoașterea proprietăților solidelor deformabile. Într-adevăr, un model conține cu atît mai multe informații asupra obiectului cu cît este mai apropiat de acesta. Totuși, realitatea fizică este deosebit de complicată; rezolvarea contradiției se realizează prin folosirea unui șir de modele, din ce în ce mai complete, care aduc fiecare contribuții noi la cunoașterea solidelor deformabile reale. Noi vom încerca să punem în evidență tocmai acest proces de perfecționare continuă a modelelor în mecanica solidelor deformabile, proces care constituie — de fapt — conținutul principal al dezvoltării acestei ramuri a mecanicii.

În general, după ce un anumit model ideal a fost adoptat, este absolut necesar să comparăm rezultatele obținute, în urma

raționamentelor pe care le facem cu realitatea fizică. Dacă rezultatele obținute nu sînt satisfăcătoare (cîteodată acest lucru se poate întîmpla între anumite limite destul de restrînse), este necesar să aducem corecții sau perfecționări modelului ales. Acesta este de fapt modul în care s-a dezvoltat mecanica solidelor deformabile, cuvîntul model fiind din ce în ce mai des folosit de cercetătorii care se ocupă cu această ramură a mecanicii.

2°. *Mecanica generală* (clasică), ca și mecanica mediilor continue deformabile (în particular, mecanica solidelor deformabile și mecanica fluidelor), studiază legile obiective ale celei mai simple forme de mișcare : *mișcarea mecanică*.

Întîi, pentru studiul mișcării mecanice este necesară o reprezentare a spațiului și a timpului; astfel, în mecanica clasică, *spațiul fizic* este spațiul euclidian tridimensional E_3, iar *timpul* (considerat universal și caracterizînd durata, succesiunea și simultaneitatea proceselor materiale) este asimilabil tot cu un spațiu euclidian, dar unidimensional E_1. În felul acesta, modelele geometrice pentru spațiu și timp, folosite în mecanica generală, reflectă proprietăți ale spațiului și timpului real, ca *forme de existență ale materiei*.

Corpul real în mișcare este, în general, conceput ca un *rigid* și este redus, adesea, la un *punct material*. Analog se studiază și *sistemele de puncte materiale*, care pot fi deformabile. Pentru diferite valori ale timpului t în E_1, putem găsi poziția corpului sau a sistemului de puncte materiale în E_3.

Un alt element care intervine este cauza care produce mișcarea mecanică. Corpurile acționează mecanic unul asupra altuia și de multe ori este greu de stabilit esența fizică a acestei acțiuni; în mod generic i s-a atribuit numele de *forță*. Această idee, provenită din acțiunea organismului omenesc asupra lumii exterioare, capătă în mecanica clasică un sens precis. Ea este expresia abstractă pentru măsura transmiterii mișcării. Fără a cerceta natura forței respective, ea a fost modelată matematic cu ajutorul *vectorilor* (vectori alunecători în cazul solidului rigid sau vectori legați în cazul sistemelor deformabile de puncte materiale). Trebuie să menționăm însă că poate exista mișcare mecanică și fără intervenția vreunei forțe și anume mișcarea intertțială (rectilinie și uniformă).

De asemenea, trebuie introdusă noțiunea de *masă* a punctului material, o proprietate fundamentală a materiei ; ea există în mod obiectiv și este independentă de locul în care se măsoară. Menționăm că Isaac Newton (1642—1727) a conceput masa ca

măsură a cantității de materie. Se introduc și noțiunile de *masă gravitațională* și *masă inertă*, egale între ele, după cum a dovedit Lorand Eötvös (1848–1919); în felul acesta, avem diferite posibilități de măsurare a masei.

În concepția clasică, newtoniană, spațiul, timpul și masa sînt considerate independente între ele.

Odată aceste elemente introduse, modelul newtonian ia ființă prin adoptarea celor trei *principii* ale lui Newton (principiul inerției, principiul independenței acțiunii forțelor, incluzînd și legea de mișcare, și principiul acțiunii și reacțiunii). Acest model a fost verificat de practica nemijlocită pentru corpuri care se mișcă cu viteze relativ mici (neglijabile în raport cu viteza luminii).

Modelul newtonian al mecanicii clasice nu a constituit, însă, decît o treaptă în procesul cunoașterii. Într-adevăr, s-a dovedit (în urma unor experiențe celebre ale lui Albert Michelson (1852–1931) și ale altor cercetători, ale căror rezultate nu puteau fi explicate la început) că, la viteze mult mai mari (comparabile cu viteza luminii), principiile lui Newton trebuie schimbate sau completate. Pentru o descriere mai exactă a proprietăților spațiului real, se adoptă geometriile neeuclidiene; de asemenea, concepția newtoniană despre timpul universal va trebui să fie înlocuită cu reprezentarea relativistă, care ține seama de timpul fizic, individual – de faptul că timpul depinde de mișcarea însăși. Masa, de asemenea, nu mai este constantă, depinzînd de viteză și – implicit – de timp. După articolele lui Albert Einstein (1879–1955) din 1905 și 1916, apar astfel *relativitatea restrînsă* (specială), respectiv *relativitatea generală*, care constituie noi trepte în procesul cunoașterii mișcării mecanice a sistemelor de puncte materiale.

Menționăm că aceste noi modele (care au căutat să păstreze principiile mecanicii clasice, adaptîndu-le după necesitate – de exemplu, principiul inerției) au fost verificate printr-o serie de experiențe foarte importante (experiențe cruciale în relativitatea generală). Totuși există încă unele contradicții (de exemplu paradoxul orologiilor în relativitatea restrînsă), care fac necesară apariția unor noi modele perfecționate. Este posibil, de asemenea, ca teoria actuală a relativității să corespundă la viteze comparabile cu viteza luminii, dar nu la viteze apropiate de această viteză limită superioară, și ca la asemenea viteze să fie necesare modele mai complexe. Remarcăm că au apărut și teorii în care vitezele sînt totdeauna mai mari decît viteza luminii, care este astfel o viteză limită inferioară.

3.° *Mecanica generală* își propune, în general, rezolvarea problemei mișcării corpurilor, presupunîndu-le rigide, cu toate că unele rezultate generale stabilite sînt valabile și pentru corpurile deformabile (aplicîndu-se – în special – sistemelor discrete deformabile de puncte materiale).

În studiul *mediilor continue deformabile*, modelul newtonian trebuie completat; în locul solidului rigid introducem diferite modele de medii deformabile. Urmărind procesul istoric al dezvoltării acestor modele, al cunoașterii modului în care corpurile supuse unor acțiuni oarecare se deformează și curg, vom avea implicit procesul apariției teoriei elasticității, a teoriei plasticității, a teoriei fluidelor perfecte sau vîscoase, a reologiei etc. În cele ce urmează vom face numai cîteva considerații sumare cu privire la solidele deformabile, în cadrul mecanicii clasice. Aceste considerații se pot extinde – și s-au extins în ultimul timp – și pentru modelul relativist.

Problema cea mai generală care se pune se poate formula în modul următor: se dă în E_3 un solid cu volumul V și frontiera S. Pe S este cunoscută acțiunea altor corpuri; de asemenea, admitem cunoscută și acțiunea altor *sarcini exterioare* (de exemplu, interioare volumului V, variații de temperatură etc.). Datorită acestor sarcini exterioare, solidul considerat se deformează, frontiera S devenind S'. Se cere să se găsească noua frontieră S' și să se arate cum variază în timp; se caută raportul dintre dimensiunile corpului și intensitatea sarcinilor exterioare pentru ca să nu se producă ruperea acestuia etc.

Pentru aceasta, în vederea reprezentării spațio-temporale, se adoptă același model geometric E_3+E_1. Ca elemente noi, se face un studiu al *geometriei* și *cinematicii deformațiilor* și un studiu al *mecanicii tensiunilor*.

Elementele teoretice ale unui model în mecanica solidelor deformabile, menționate mai sus, sînt mai apropiate, în general, de modelele ideale de ordinul al doilea. Dar aceste elemente trebuie completate cu unele date de natură experimentală.

Starea de deformație (respectiv *starea de deplasare*) și *starea de tensiune* intră în componența modelului pe care-l construim. Acesta se completează prin introducerea unei relații între aceste stări. Modelarea comportării fizice a corpurilor reale se va concretiza astfel prin introducerea unei dependențe cauză-efect, forță-deformație, tensiune-deformație specifică, deci prin stabilirea unei *legi constitutive* a solidului deformabil respectiv.

4°. Prin anagrama „ut tensio sic vis", publicată de Robert Hooke (1635—1703) în 1678, apare primul model de solid deformabil, modelul hookeian : *solidul perfect elastic*; se consideră că solidul capătă o deformaţie proporţională cu forţa care a produs-o şi care dispare odată cu aceasta (deformaţie *reversibilă*).

Aceasta implică o relaţie liniară, independentă de timp, într-o solicitare unidimensională, de forma

$$\sigma = E\varepsilon,$$

unde σ este *tensiunea normală*, ε este *deformaţia specifică liniară*, iar E este *modulul de elasticitate longitudinală*. În urma unor rezultate experimentale, s-a trecut astfel la modelul ideal al corpului elastic. Cu toate că în realitate nu există un astfel de corp, modelul hookeian a fost şi este necesar în procesul cunoaşterii ; el reflectă realitatea, deoarece corpurile au, în anumite limite, această proprietate. Pe baza acestui model a fost creată *teoria elasticităţii*. Soluţiile obţinute în cadrul acestei teorii vor fi comparate cu realitatea fizică ; în felul acesta vom constata în ce măsură modelul considerat reflectă realitatea obiectivă şi care sînt limitele lui de aplicabilitate.

În modelul de mai sus am desprins din fenomenul complex latura principală, neglijînd alte aspecte. Astfel, poate să apară ca jucînd un rol esenţial influenţa sarcinilor mari şi deci considerarea proprietăţilor plastice ale materialului. În felul acesta se obţine — în primul rînd — modelul lui Adhémar-Jean Claude Barré de Saint-Venant (1797—1886) : *corpul perfect plastic* (plastic rigid) ; tensiunea normală este constantă şi egală cu tensiunea de curgere plastică σ_Y.

Prin legarea în paralel a unui model Hooke cu un model Saint-Venant se obţine modelul corespunzător *corpurilor plastic rigide/liniar ecruisabile*. De asemenea, prin legarea în serie a modelelor elementare de mai sus, se obţine modelul *corpului elasto-plastic*. În sfîrşit, prin legarea în paralel a unui model Hooke cu un model elasto-plastic, se obţine modelul *corpului elasto-plastic/ecruisabil liniar*.

Un alt factor de care trebuie să se ţină seama este factorul timp. Observaţiile directe au arătat, de exemplu, că pămîntul se tasează în timp sub acţiunea construcţiilor pe care le suportă (care, de asemenea, se deformează). Diferite corpuri considerate solide (ca oţelul, betonul, munţii, gheţarii etc.) curg. De la intuirea vie se trece la abstractizare, la considerarea unor noi modele.

Factorul timp apare astfel cel mai simplu prin introducerea *modelului newtonian* (relaţia liniară între tensiuni şi vitezele de deformaţie) pentru *fluidele vîscoase*. Modelul vîscos newtonian se poate reprezenta printr-o lege de forma

$$\sigma = k\dot{\varepsilon},$$

unde k este un *coeficient de viscozitate*, iar punctul reprezintă derivarea în raport cu timpul.

Deşi aditivitatea deformaţiilor elastice cu cele vîscoase este lipsită de sens la nivel microscopic, ea s-a dovedit extrem de utilă la nivel macroscopic. Este important de observat astfel că mulţi cercetători din a doua jumătate a secolului trecut (James Clerk Maxwell (1831—1879), în 1868 ; William Thomson (lord Kelvin) (1842—1907), în 1878 ; Woldemar Voigt (1850—1919), în 1889), printr-un proces de abstractizare şi fără să fie direct în posesia unor rezultate experimentale, au imaginat modele vîscoelastice.

În felul acesta ia naştere *modelul Kelvin* (sau Voigt), prin legarea în paralel a unui model Hooke cu un model Newton, căruia îi va corespunde o lege constitutivă de forma

$$\sigma = E\varepsilon + k\dot{\varepsilon}.$$

Analog, prin legarea în serie a acestor modele, se obţine un *model Maxwell*, căruia îi corespunde legea

$$\dot{\varepsilon} = \frac{1}{E}\dot{\sigma} + \frac{1}{k}\sigma.$$

Cu toate că aceste modele s-au obţinut pe cale intuitivă, ele s-au dovedit deosebit de utile, uşurînd imaginaţia ştiinţifică, în vederea construirii unor modele mai complexe, care să reflecte şi alte aspecte ale realităţii obiective. Este important că aceste modele pot explica şi fenomenele de *fluaj* şi *relaxare* care se pot petrece în timp.

Utilizînd un aparat matematic mai complicat, s-au putut generaliza modelele vîscoelastice, prin trecerea de la un spectru discontinuu al timpurilor de relaxare la un spectru continuu. În descrierea noilor modele, mult mai complexe, apar ecuaţii integro-diferenţiale.

Modelele de *corpuri plastice* (în particular modelul Saint-Venant) se pot combina cu modelele corpurilor vîscoelastice,

obţinîndu-se diferite modele de *corpuri elasto-visco-plastice* (sau numai *vîsco-plastice*), caracterizate de legi constitutive mult mai complexe.

De asemenea, în afara corpurilor liniar reologice menţionate mai sus, se pot considera corpuri cu proprietăţi reologice generale (neliniare).

Din punct de vedere practic, este important de observat că, în cadrul *rezistenţei materialelor* şi al *teoriei structurilor* (statica, stabilitatea şi dinamica structurilor), se consideră corpurile simplificate ca formă (barele sînt reduse la axele lor, plăcile la suprafeţele mediane etc.). În felul acesta se realizează un model ideal al corpului real, model de primul ordin, care are un caracter deosebit de modelele considerate mai sus.

Prin aceste ipoteze suplimentare se obţin, în general, rezultate mai simple ca formă, care trebuie verificate prin teorii mai exacte.

• Proprietăţi sistemice ale ideii matematice de continuitate

I. BENKÖ şi L. SOFONEA

„Continuum-ul" leagă foarte strîns părţile; el nu le anulează complet individualitatea ci o reduce la cea mai simplă formă: punctualitatea

I. SISTEMICITATE ŞI MATEMATIZARE

1. Analitic şi sintetic

Ştiinţa din momentul constituirii sale ca activitate umană bine determinată şi pînă în etapa actualei revoluţii tehnico-ştiinţifice, a evoluat, îndeplinindu-se mesajul, atît prin demersul analitic cît şi prin cel sintetic. Ponderea celor două demersuri ale investigaţiei şi sistematizării nu a fost însă aceeaşi în complexul proces (ascendent, sumativ) al dezvoltării ideaţiei ştiinţifice. Primele rezultate definitiv achiziţionate de ştiinţă s-au obţinut mai ales prin cercetări care stau sub semnul analiticului : prin identificarea şi descoperirea elementelor componente ale unor structuri extrem de complicate. Disciplinele (ca biologia, medicina, etc.) care datorită specificului obiectelor tratate (organisme, agregări psihice, sociale etc.) nu-şi pot permite sfărîmarea întregului în componente au cunoscut o dezvoltare mult mai lentă. Dar deşi dominaţia analiticului poate fi constatată din totdeauna a existat şi o prezenţă a sinteticului, care a activat o tendinţă specifică de apropiere de obiecte astfel încît să nu se distrugă individualităţile componentelor (cu delicatele lor grade de independenţă şi interdependenţă, supuse unor specifice determinări), obiectul fiind considerat (perceput, conceput) ca o entitate indestructibilă, ca un sistem indecompozabil. Teoria generală a sistemelor se vrea a fi metodologia acestei atitudini.

Conjugarea, activă, mobilă, dintre analitic şi sintetic constelează periplul, raţional dar şi plin de neaşteptat al activităţii ştiinţifice a conştiinţei umane.

Teoria sistemelor, ordonare a demersurilor raţionale care în mod programatic respectă integritatea obiectelor de cercetare poate fi definită (doctrină), aplicată (practică) şi comentată (exegeza interpretativă) din mai multe puncte de vedere (opţiuni, finalităţi).

Astfel după Kenneth E. Boulding [1] „teoria generală a sistemelor este denumirea acelui nivel de construire de modele teoretice care se situează între construcţiile abstracte ale matematicii pure şi cele ale teoriilor specifice ale ştiinţelor particulare". Se consideră, în această perspectivă, ca ţel final al teoriei elaborarea unei capacităţi sensibile (auditive etc.) care să permită circularea informaţiilor către practicanţii diferitelor discipline (avîndu-se astfel explicit în vedere, vertiginoasa creştere a ştiinţelor interdisciplinare).

Pentru această mişcare interdisciplinară (generală şi întreţinută prin transferări multiple atît în debit, cît şi în direcţii şi calitate) să nu-şi piardă simţul formei şi al structurii specifice fiecărei discipline, teoria corespunzătoare este cea care trebuie să-şi creeze structurile sale specifice. Crearea elementelor şi complexelor necesare (construirea, ordonarea, ierarhizarea, încatenarea, dezvoltarea creatoare a matricii structurale ; interpretarea ; aplicarea) este sarcina fundamentală a teoriei generale a sistemelor.

Abordarea teoriei generale a sistemelor poate fi efectuată din diferite incidenţe. O cale posibilă de abordare constă în surprinderea unui fenomen comun mai multor discipline, sesizare întregită cu încercări finalizate în elaborarea unor modele teoretice cît mai adecvate (calitativ, cantitativ) cît mai relevante (degajînd esenţa lucrurilor, reliefînd adecvarea) prin care fenomenul studiat este transpus prin esenţializare în lumea severă şi limpede a ideaţiei.

Fenomenul comun abstras din contextualităţi foarte diverse devine obiect autonom de cercetare : el este considerat un tot, i se asociază modelizări cît mai adecvate, care sînt aplicate în situaţii concrete în care sub o formă mai mult sau mai puţin pură respectivul tot intervine. Sistemul astfel definit este utilizat şi interpretat : el este valorificat în practică şi valorizat în perspectiva exigenţei sale filozofice.

Exemple : A). Reacţia cu mediul înconjurător : interacţii fizice, tropisme, variate sensitivităţi şi sensibilităţi.

B). Creşterea : în cristale, în vitro, în vivo etc.

„Sistematica" poate progresa, constituindu-se într-o disciplină autonomă şi venerată (prin contribuţii de clarificare şi eficienţă) dacă recunoscînd că sistemele nu se reduc la colaţionări (comasări) fie ele oricît de subtil alăturate, ea poate cerceta fără a altera formele şi structurile particulare, ceea ce se reuşeşte prin creearea unor structuri şi forme sistemice.

3. Matematica şi sistemele generale

Surprinderea adecvată a fenomenelor comune cît şi elaborarea metodelor teoretice este posibilă şi operantă prin mobilizarea matematicii, demers creator de forme pure posibile, care, prin autonomia lor, inspiră conştiinţei o stare de certitudine. Desprinderea din fluxul varităţii a fenomenelor comune, necesită intervenţia calităţii matematicului , intervenţie profitabilă căci noţiunea riguroasă de structură matematică şi izomorfismele diferitelor structuri, reprezintă mijlocul adecvat pentru descoperirea raporturilor (analogiilor, cuasianalogiilor, opoziţiilor) semnificative oferite de diferitele modele. Matematicul fiind admis (prin genetica sa, prin aplicativitatea sa), a fi în raporturi directe (de reflexie, iar nu de refracţie sau răsucire) cu realul, transpunerea matematică a faptelor penetrează remarcabil spre esenţa fenomenalităţii (funcţia de cunoaştere a matematicii).

Crearea de modele (de diferite grade de adecvare : scheme empirice de ordonare a datelor informe, rare sau torenţiale, modele empirice mai rafinate, modele semiempirice — semiteoretice, modele teoretice conţinînd o sumă de ipoteze specifice domeniului, modele matematice ideale), necesită angajarea tuturor disponibilităţilor matematicului (funcţia generalizatoare de modele pure a matematicii). Captarea (şi exprimarea) din fluxul varietăţii fenomenale, a esenţialităţii fenomenalităţii distinse comune diferitelor zone ale mişcării materiei, este finalizată prin realizarea modelelor matematice (ideale, pure ; obţinute prin elaborare şi creaţie). Modelizarea matematică se poate realiza prin două abordări avînd o funcţionalitate complementară (şi deci accente valorice, gnoseologie-metodologie, nuanţate).

a) Prima este de natură experimentală (poziţia a fost împinsă departe de către şcoala lui Bertalanffy) ; ea constă [3] în acceptarea lumii senzoriale aşa cum aceasta ne este dată, efortul esenţializărilor concentrîndu-se asupra revelării diferitelor sisteme şi asupra formulării regularităţilor constatate

într-un corpus aserţional cît mai adecvat (perfecţionalitate, coerenţă, modalitate logică, formalizare operaţională).

b) A doua este de natură teoretică („speculativă"); ea are ca punct de plecare considerarea tuturor sistemelor posibile (faptic sau, mai ales, mintal: ipostaze ale posibilizării). Acest sisteme au un caracter abstract, ele sînt definite după anumite norme (perspectivări, axiomatizări).

Astfel C. West Churchman în a sa „An Approach to General Systems theory" [2] oferă un sistem axiomatic în care un set de nouă restricţii axiomatice permit precizarea unor termeni avînd o funcţionalitate importantă, profilatoare (sistem în sensul general, teoria sistemelor generale ş.a.), încît servesc ca fundal (cadru general) pentru analiza şi clasificarea fenomenelor reale. Prin abordarea teoretică a sistematicii constatările empirice sînt plasate în diferitele „locuri" („puncte, drepte, plane, intersecţii, zone") ale unei „matrici " de posibilităţi „prestabilite".

Cele două abordări pot fi ilustrate prin numeroase exemplificări.

Exemplul 1

a) Cristalografia fizică (depistarea şi clasificarea sistemelor de cristalizare: simple, compuse, macle, clivări, simetrii constatate, mutabilităţi etc.); restricţiile pur descriptive nu pot indica univoc stările posibile dar lacunare, respectiv cele efectiv interzise, ceea ce necesită intervenţia unor restricţii concrete (energetice, dinamogene, adesea continuînd şi unele elemente cu caracter conjunctural) [4].

b) Cristalografia matematică (evidenţierea şi clasificarea configuraţiilor existente şi cele formal posibile pe baza simetriilor codificate în termenii teoriei grupurilor; restricţiile teoriei matematice pot indica printr-o predicţie efectivă stări posibile dar nedescoperite, sau stările interzise) [4].

Exemplul 2

a) Clasificarea empirică a particulelor elementare (inventariere, criterizare fenomenologică în raport cu valorile maselor, spinului, izospinului, parităţii, vieţii medii, stranietăţii schemei de dezintegrare, a altor sarcini şi numere cuantice etc.).

b) Teoria particulelor elementare (relaţii de posibilitate şi interdicţie impuse de normele unor modele grupale; păstrarea respectiv graduala încălcare a simetriei, multipleţii, modelul quarcilor; „cromo" şi „aromo" dinamică) [5, 6].

Toate structurile matematice (simple, compuse) sînt modele de comportament teoretic — posibil pentru sistemele reale. Structura desemnează (secţionează) o categorie în universul matematic, care constă din obiecte (tip de obiecte) şi morfisme (tip de funcţionare).

Exemplu

Structurile topologice delimitează categoria spaţiilor topologice: obiectele sînt spaţiile topologice, morfismele sînt aplicaţiile continue (funcţionarea se manifestă prin transformări continue). Exprimarea sistemicităţii prin astfel de modelizare, explicitează capacitatea de cuprindere şi, prin aceasta, intensitatea şi cromatica semnificaţiei, a ideii generale de continuitate (idee proteică, care are o remarcabilă „proiecţie" matematică) [7].

Matematica joacă astfel un rol hotărîtor în edificarea teoriei generale a sistemelor: a) deoarece ea nu discriminează natura existenţială a fenomenalităţii ea nu poate epuiza toate cerinţele statutare ale „sistematicei"; b) deoarece nu este determinată restrictiv de natura existenţială a fenomenalităţii ea nu poată lipsi în realizarea riguroasă a imperativelor statutare ale „sistematicei".

4. Realitate obiectuală şi modelizarea matematică ideală

Modelizarea matematică este efectuată prin activarea unui mecanism specific, pus în mişcare de energiile proprii funcţiunilor spirituale. Gîndirea are, în esenţă, o dublă funcţionalitate:

a) Descoperă relieful faptic (existentul: obiectual, exterior): obiectele reale (exterioare) capătă prin transpunere creatoare corespondenţe gîndite devenind obiecte interioare, gîndite; se realizează astfel creator reflectarea gîndită (în „nous") a fenomenalităţii difuze, disparate: raţionalizate (abstrageri: sfera, dreapta, unitatea, cuplul, cîmpul, celula etc.)

Gîndirea întîmpină astfel lucrurile reale (fapticitatea) atingînd adevărul cunoaşterii (validat prin fidelitatea corespondenţei).

b) Inventează, în mod autohton (independent şi liber de vreo preimagine factuală: concepe fără să fi perceput înainte), raţionalul ne-faptic (ne-obiectual, interior); obiectele raţionale (interioare) construite creator pot să nu aibă corespondenţi factuali (obiecte exterioare). Printr-un efort specific de expansiune al raţionalităţii mintea generează astfel, cristalizîndu-le în structuri gîndite (în „nous") vibraţiile difuze, disparate, ale fanteziei (plăsmuiri raţionale: sfinxul, himera, ciclopul, gorgona, grifonul, eterul, curbe-suprafeţe imaginate, funcţia δ etc.).

Gîndirea escaladează astfel lucrurile reale (fapticitatea), atingînd prin elan mesajul cunoaşterii (validată prin consistenţa producţelor).

Lumea gîndită se scindează astfel în două (nivele ; funcţionalităţi) :

a) cosmosul noetic—fenomenal constînd din imaginea conceptelor corespondente cu lumea reală (existentă ; posibilizată),

b) cosmosul noetic—nefenomenal constînd din ansamblul conceptelor necorespondente cu lumea reală (faptic — existentă ; lume raţional posibilă, dar neposibilizată).

Conceptele cu existenţă pur-raţională (fără corespondent faptic identificat) pot fi plăsmuiri mintale avînd un caracter pregnant exprimabil ($\sqrt{2}$, Π, e, i, $\aleph_0$ ş.a.) respectiv unul mai vacuu, mai voalat exprimabil ; primele alcătuiri gîndite sînt direct incluse în discurs (ele au o existentă mintală discursivă cristalizată, neproblematică, ; celelalte nu sînt direct incluse în discurs (ele au o existenţă mintală, latentă, problematică).

Acest joc al gîndirii (joc liber, dar a cărui volte sînt, desigur, motivate de complexele inserţii ale raţionalului în celelalte nivele materiale ale bios-ului) este ilustrat de numeroasele modelizări matematice.

II. IDEEA MATEMATICĂ DE CONTINUITATE

1. Continuitate factuală şi continuitate matematică

În manifestările naturii, continuitatea (naturală, frustă) este o prezenţă frecventă, ea fiind sesizată, într-o formă nerafinată, de sensori (intuiţia de „plin", şi de „gol" : continuu, discret). Gîndirea continuităţii lucrurilor finalizate prin generarea unui concept riguros şi operant nu este deloc simplă : problematica ei nu este trivială, ci foarte profundă. Ea a generat ideea matematică de continuitate : reprezentarea prin numere a continuităţii, matematizare care a necesitat extinderea numerelor cu directă corespondenţă factuală (intregi, fracţii : raţionalele) şi generarea unor numere mai subtile (iraţionale).

Elementul matematic primordial al reprezentării continuităţii (structura matematică matrice) este conceptul de număr real, căci între numerele reale (entităţi numerice) şi punctele dreptei (entităţi geometrice) se defineşte (institue) o corespondentă (corespondenta bijectivă axiomatizată de G. Cantor) [8].

Acest univers de puncte, supus axiomei lui Cantor, conţine :

a) punctele „reale" (în sensul de factual—existente în natură) care constituie clasa (preexistentă) a punctelor raţionale, care sînt constructibile ;

b) punctele „ireale" (inexistente — factual în natură : irelevabile prin vreo metodă experimentală care constituie clasa (disjunctă) a punctelor iraţionale, care nu sînt, *stricto sensu*, constructibile.

Entitatea, formată din aceste clase de puncte este mai largă, calitativ şi cantitativ, decît fiecare dintre ele şi diferă de o simplă colecţie a acestora (ea depăşeşte dreapta continuă factuală „naturală", respectiv integralitatea ordonată a punctelor corespunzătoare numerelor iraţionale). Obiectul matematic astfel definit are o coerenţă specifică care-i potenţează entitatea : există o sistemicitate cu care respectivele puncte se încorporează, ea fiind asigurată de modul în care s-a efectuat cuplarea celor două clase de puncte (adjuncţiunea punctelor iraţionale transcedînd factualul strict empiric).

La clasa punctelor exprimate exact prin raporturi de numere naturale (adică prin raportări de întregi). Organicitatea entităţii matematice „dreaptă continuă" se datorează completării clasei punctelor „reale" (factuală — existente : „naturiste") nu prin eludarea, sau parţiala considerare a acesteia (completare din exterior : alienare), ci dimpotrivă prin reţinerea integrală a acesteia (completare din interior ; întregire), căci astfel concepută (construită) entitatea este un univers meta-factual (al elementelor matematice denumite numere reale), care nu voalează conştiinţei matematice condiţia sa (anterioară) de lacunaritate (faza primară în procesul genetic al modelului : sugestivă dar de excitaţie).

„Dreapta-reală" (factuală, empirică) este descoperită (prin mecanismele de abstractizare ale gîndirii) : obiect care în reflectivitatea intelectivă oprită la acest stadiu este înţeles conştient ca o entitate cu structură lacunară. „Dreapta-abstractă" (matematică, modelizată) este conceptualizată din „dreapta-reală"— gîndită" (prin mecanismele demiurgice ale gîndirii) : ea devine „dreapta-reală-gîndită" (prin mecanismele de „completare"), care, în deplina lor maturitate, ajung pînă la autonomia specifică obiectelor gîndirii : segmentele fizice (factuale) „încap exact" unele în altele (admit o unitate de „măsură" comună) spre deosebire (calitativă) de segmentele—matematice (modelizate) care nu „încap unele în altele".

Universul punctual astfel completat devine terenul unor operaţii de o remarcabilă eficienţă : ea este considerabil sporită în comparaţie cu cea permisă de perimetrul „poligonului de exerciţii" al universului numerelor raţionale („dreapta reală", factuală : lacunară). Astfel nici unul dintre rezultatele analizei clasice nu are valabilitate expresivă în corpul numerelor raţionale, deşi poate fi eventual, exprimabil în termenii acestuia (în limbajul respectiv).

Exemple

A). Există funcţiuni continue definite pe raţionalele din [0,1] care nu sînt mărginite.

B). Pe raţionale nu se pot defini, în general, funcţii elementare (sinus etc.), care aproximează oricît de bine meandrele fenomenalităţii.

C). Derivabilitatea, deşi este formal definibilă pe corpul raţionalelor consecinţele operaţiei nu sînt în toate cazurile relevante.

Atributele generale (creatoare, eficiente) ale modelului matematic al continuităţii (model infinitezimal) sînt, în mod plauzibil, profilatoare (normative obligatorii) şi pentru orice alt tip de model.

2. Mutaţiile ideii matematice de continuitate

Ideea primară de continuitate (de „plinătate" ; generată de senzaţiile experienţei fizice : rigiditatea-fluiditatea-expansibilitatea — nepătrunderea corpurilor ; temporalitatea), devine, prin abstracţiune, o idee — matematică de mare cuprindere şi penetraţie. Gîndirea acestei idei cunoaşte mai multe mutaţii, care-i devoalează semnificaţiile, şi-i statuează relieful [8], [9], [10].

a). Apariţia problemei iraţionalelor (de origine geometrico-sensibilă : descoperirea incomensurabilităţii laturii cu diagonala pătratului : problematica profundă ridicată de numărul „simplu" $\sqrt{2}$ analiza problemei infinitului în aporiile lui Zenon) conduce treptat la decantarea noţiunii de continuu. În acest scop era necesar introducerea (într-o formă riguroasă, matematic conceptualizată, iar nu doar empirică) distanţei care permite organizarea metrică a structurii topologice ; prin aceasta structură topologică genuină, iniţial atît de proteică, capătă specifice elemente de concreteţă.

b). Problema cvadraturii cercului a împins mult înainte cunoştinţele. După relatarea lui Antifon, Bryson, cu ceva înainte de Platon, ajunge la ideea considerării atît a poligoanelor înscrise cît şi a celor circumscrise unui cerc şi constată că cercul este mai mare ca primele şi mai mic ca cele din urmă. El încheie cu formularea („sofistică", după Aristotel) axiomei : „Acele figuri faţă de care aceleaşi figuri sînt respectiv mai mari sau mai mici, sînt egale între ele". În limbaj modern avem a face cu un enunţ de unicitate. Latura existenţială a fost relevată de Prodos (410—485) în spusele : cînd în comparaţie cu ceva există „mai mare" şi „mai mic faţă de acel ceva există şi „egal". Iar deja Platon, în ópusul Parmenide, a dat un enunţ similar ; sensul său este următorul : „celui ce are proprietatea de a fi şi mare şi mic i se poate atribui şi proprietatea de a fi egal ; el este situat între ele". Aristotel aduce precizarea că principiul continuităţii prin valori intermediare este valabil numai dacă se rămîne în cadrul aceluiaşi gen cînd se face trecerea de la mai mic la mai mare, tot ce este intermediar este de aceiaşi speţă (comparabilitate).

Noua problemă ivită constă în găsirea unor criterii pe baza cărora anumite lucruri să fie clasate ca avînd, sau nu, aceiaşi natură. Prodos şi Simplicius găsesc acest criteriu în aplicabilitatea axiomei lui Arhimede : dacă $a > 0$ şi $b \geqslant 0$ atunci există un număr natural n astfel ca $na > b$.

c) Problematica continuităţii este considerabil îmbogăţită prin gîndirea Stagiritului. Asupra contribuţiei lui Aristotel trebuie insistat mai mult căci el a observat că analizele care duceau la definiţia principiului de continuitate prin intermediul valorii medii, are la bază conceptul de infinit, insuficient precizat de predecesori. El formulează teza sa, decisivă, conform căreia infinitatea există doar în potenţialitate şi nu în act. După părerea Stagiritului, segmentul nu este efectiv compus din puncte, ci punctele apar (în urma unei existenţe potenţiale) pe segment după constituirea acestuia (în urma vreunei construcţii geometrice). Deci punctul nu există, ci poate fi generat printr-o construcţie sau orice alt procedeu matematic cu caracter constructiv. Pe această cale i se deschide posibilitatea acceptării „punctului de intîlnire între Achile cel iute de picior şi broasca ţestoasă, proverbial de lentă".

Aşadar gîndirea aristotelică nu identifică segmentul „plin" („compact") cu o mulţime de puncte infinite la număr şi oricît de apropiate. Istoria gîndirii ideii matematice de continuitate s-a dezvoltat însă într-un sens opus punctului de vedere (naturalist) al lui Aristotel, dar în decursul acestui meandrat proces nu au lipsit obiecţii sau simple preveniri („naturaliste")

3-c. 1774

care au adus un spor interpretativ modelului matematic (ideal, „paradisiac").

Concepția aristotelică este radical opusă modului în care se abordează continuitatea, căci axioma lui Cantor (un şir descrescător de intervale închise are intersecția nevidă, teză atît de bine racordată cu viziunea lui Bryson), este incompatibilă cu viziunea aristotelică (din pricina că în analiză segmentul este conceput ca mulțime de puncte). În secolul nostru au apărut însă şi unele tendințe avînd un caracter pronunțat neo-aristotelic (Weyl).

d) În evul mediu matematica speculativă a fost practicată mai ales de filozofii scolastici care împleteau raționamentele lor asupra naturii divinității cu argumente matematice („filozofia ancila teologiae"). Unii au acceptat şi au dorit cu o fervoare aproape religioasă, caracteristică epocii, infinitul în act şi au apărat teza într-o manieră atît de perfectă încît ulterior E. Cantor — fondatorul teoriei transfiniților — s-a întors la ei cu cea mai mare recunoştinţă. Pentru alții sentința „finitum non datur" a rămas o interdicție fără drept de apel : punctul nodal (de la infinit) nu se afla pe segment, ci este atins (introdus) printr-o mişcare (element hetero-matematic ; fenomenal, naturist, actualizator), încît se descrie intreaga zonă inclusiv extremitatea critică. Aceste speculații au influențat favorabil elaborarea calculului infinitezimal (teoria fluxiunilor).

e) Degajarea ideii matematice de continuitate este sprijinită de modificarea diagramei de repartiție a sensorialității care se produce în Renaştere cînd are loc o prevalare a vizualului (plasticitate, liberalizarea intuiției, sensualitate, chiar carnalitate ; rolul tiparului, instrument al mutației informaționale, care contribuie şi el specific la această deplasare [11]; mutațiile care jalonează procesul de conceptualizare al spațiului fizic ; creşterea rolului timpului în descrierea mecanică, deşi conceptualizarea sa nu este încă paritară cu cea a spațiului) [10, 11].

Vizualul este, prin natura sa, integrator, de perspectivă, spre deosebire de tactil care operează prin mişcări de mică întindere (astfel prin tactilitate nu se poate decide sigur dacă trei corpuri sînt sau nu riguros coliniare ; în subiacența conceptului de dreaptă-geometrică se află dreapta-optică).

f) Secolul al XVII este dominat de marele efort conjugat al geometriilor şi algebriştilor de a descoperi şi organiza lumea acestor entități (simple), operă prin care s-a gestat calculul diferențial şi integral. Influența aristotelică menționată mai sus s-a concretizat, între altele, în următorul principiu alui Cavalieri : două corpuri cu înălțimi egale au acelaşi volum dacă secțiunile lor plane au aceiaşi arie. Tot concepția (cinematică, extra-matematică) a liniei descrise de punctul mobil, a actualizat rezolvarea problemei (geometrică, cinematică) construcției tangenței la o curbă. De la grecii antici încoace, este fără precedent înflorirea ştiinței la care asistăm în acest secol. Noi gînditori, obsedați de o necesară revoluție matematică (care desemnează în istoria ştiinței o adevărată linie de clivaj) căutau, „metoda generală" a cunoaşterii adevărate, ştiinţifice. Ei înțelegeau prin asta, în sens larg (al lui *huomo universale)*, metoda prin care să poată pătrunde mai adînc în tainele naturii, iar în cel mai restrîns (al lui *homo matematicus*), în cele ale matematicii. Din acest motiv toate spiritele mari erau concomitent practicanți ai ştiinței şi filozofiei. Ei îşi enunțau convingerile şi aspirațiile în opere metodologice declarate, dintre care unele au o valoare antologică şi principială inestimabilă : „Discours de la Méthode" a lui Descartes", aspirația lui Leibniz la „lingua universalie" şi încercarea lui de a ridica edificiul „scientia generalis", „mathesis universalis" [11].

g) Secolul XVIII a fost epoca marilor experiențe. Rezultatul activității personalității prodigioase din „epoca luminilor" s-a concretizat în elaborarea unei bune părți a calculului diferențial şi integral, calculul variațional etc. În mod firesc, în acest avînt (caracterizabil în exprimarea plastică a lui D'Alembert : „allez en avant et la foi vous viendra") prea puțină atenție s-a acordat fundamentării riguroase a conceptelor. Abia secolul următor a avut acest răgaz ; şi el s-a arătat conştient de obligațiile sale.

h) Marea pleiadă a secolului XIX (începînd cu Cauchy, Gauss, Abel şi Bolzano şi urmînd cu Weierstrass, Cantor, Riemann) au adus precizări cu valabilitate permanentă tuturor procedeelor infinitezimale. Astfel noțiunile de funcție, continuitate, limită, serie convergentă, produs convergent, reguli de calcul cu infinitul, au fost din ce în ce mai bine precizate şi cercetările lor au culminat în introducerea concepțiilor topologice (topologia : *analysis situs*, este, în esență, matematica continuului). Prezentarea publică de către K. Weierstrass în 1875, dar propagată mai înainte de Riemann în prelegerile sale din Göttingen, a unei funcții continue nicăieri derivabilă, a adus la cunoştință existența diferitelor grade de netezime, cel mai dur (grosier) fiind continuitatea propriu-zisă ; scara se prelungeşte cu funcțiunile admițînd derivate pînă la ordin n dat, culminînd cu clasa funcțiilor analitice (indefinit derivabile şi local dezvoltabile în serie Taylor).

i) După ce problema continuității funcțiunilor a fost suficient de bine precizată, în atenția gînditorilor matematicieni a revenit problema generală a continuului; ea a fost abordată într-o perspectivă nouă de către G. Cantor (1845—1918). Folosind edificiul impunător al teoriei mulțimilor, în care infinitul în act era o prezență permanentă, precum și elementele teoriei (la elaborarea căruia și-a adus de asemenea contribuție) G. Cantor a trecut la următoarea definiție: „definesc un continuu punctual în interiorul lui R_n (Spațiul real n-dimensional) ca o mulțime perfectă și conexă" (noțiuni matematice bine definite). Deși nu au lipsit controversele, succesele topologiei și a teoriei mulțimilor (mai ales prin îmbogățirea matematicii de către Lebesque cu teoria măsurii) au amuțit pe adversari. Dar, datorită unor principii prea largi de producere a mulțimilor infinite, această gîndire a condus la apariția unor fisuri în consistența logică, în forma unor mulțimi paradoxale (și în consecință, inconsistente) ca mulțimea „atotcuprinzătoare" [8, 13, 14].

Controversa vehementă produsă de aceste paradoxuri ne duce în centrul problematicii fundamentării matematicii, sarcină asumată de cercetările secolului nostru [12, 13].

j) Ideea de continuitate, distilată mai ales din contactul cu realitatea fizică, redă în teoria mulțimilor „nelacunaritatea" într-un mod specific: prin noțiunea de „continuum" și prin ipoteza continuum-ului. Mulțimea numerelor reale este denumită de G. Cantor continuum. Ipoteza continuum-ului (datorită tot lui G. Cantor) se enunță în două moduri echivalente:

Enunțul 1. Între cardinalul numerelor naturale ($\aleph_0$) și cardinalul numerelor reale $\mathfrak{C}$ nu există nici un alt cardinal.

Enunțul 2. Cardinalul ordinalului Ω este σ (în acest enunț Ω reprezintă primul număr ordinal cu proprietatea că orice ordinal mai mic ca el este numărabil).

Atît existența lui Ω cît și echivalenta celor două enunțuri depind de teorema bunei ordonări a lui Zermelo (iar aceasta din urmă, așa cum se cunoaște, este echivalentă cu axioma alegerii) [8]. Acceptarea ipotezei continuului implică de fapt o discontinuitate între $\aleph_0$ și $\mathfrak{C}$, iar neacceptarea implică o continuitate de tip „prin valoare intermediară".

Un prim pas în lămurirea conjecturii lui Cantor a fost făcut de către K. Gödel în 1938 care a dovedit consistența ipotezei cu axiomele lui Frenkel-Zermelo (mai exact a construit un model în care toate axiomele sistemului Frenkel-Zermelo au fost îndeplinite și, în plus, verifica ipoteza continuului). În 1963 P. Cohen a construit un alt model care deși satisfăcea axiomele teoriei mulțimilor nu verifica ipoteza lui Cantor. În consecință ipoteza continuului este de natură independentă de restul axiomelor teoriei mulțimilor.

Operația de completare a mulțimilor numerelor raționale la mulțimea numerelor reale (realizabilă pe două căi distincte dar echivalente: tăieturile Dedekind, respectiv șirurile fundamentale ale lui Cauchy) a devenit un prototip de construcție în multe domenii ale matematicii.

În teoria mulțimilor ordonate completarea în sensul lui Dedekin iar în teoria spațiilor uniforme completarea în sensul lui Cauchy sînt instrumente dintre cele mai puternice. Dar, în principiu, aceste exemple nu aduc nimic calitativ la configurarea ipotezei continuului.

k) Problema uniformizării. Enunțul vag al problemei, este următorul: fiind date două mulțimi X și Y iar E o parte a produsului lor cartezian $X \times Y$, se caută o mulțime $F \subset E$ avînd proprietăți „similare" cu ale lui E și care în plus să se bucure de proprietatea că din (x_1y_1) $(x_1y_2) \in F$ rezultă $y_1 = y_2$. Cu alte cuvinte F este graficul unei aplicații din X și Y. În acest caz F se numește uniformizator a lui E iar E se numește uniformizabilă. De exemlu, este important de știut dacă o mulțime boreliană E (față de clanul borelian produs) admite sau nu o uniformizare boreliană. Răspunsul la această întrebare este negativ. Ceea ce s-a putut dovedi este că mulțime boreliană din plan se poate uniformiza cu ajutorul unei complementare analitice (teorema lui N. Luzin și P.S. Novikov). În cazul de față lacunele borelienelor (manifestate în problema uniformizării) au fost completate prin mulțimi analitice.

Uniformizarea mulțimilor ridică serioase dificultăți chiar și în cazurile foarte simple cum ar fi uniformizările cu funcții continue (mai exact cu grafice de funcții continue). Astfel s-a elaborat (J. Benkö) o schemă de aproximare pentru funcții avînd ca valori submulțimi dintr-un spațiu uniform complet care a permis extinderea unor rezultate privind selecțiile continue de la cazul metric la cazul unor uniformități mult mai generale. Pe această cale s-a reușit să se stabilească și o variantă generalizată a vestitei leme a lui Urysohn.

Majoritatea problemelor de uniformizare sînt încă nesoluționate.

III. CONTINUITATE ȘI MODELIZARE

1. Modelizare, creativitate, perfectibilitate

Modelul matematic ideal (distins de schemele progresiv rafinate atît de utile și atît de frecvent manipulate) adaugă (esențial, demiurgic) realului unele atribute (noi, dar neantagonice, ci în prelungire) iar apoi, în aplicare, se pliază pe real. Relieful realului este, față de planeitatea realului, steric (cutat, verticalizat). Modelizarea matematică este astfel mult mai operantă, decît o simplă listă a posibilităților (model factual : real) prin transcendența imediateței factuale (escaladare gîndită, iar nu fabulație iluzorie) modelul matematic (meta-„real") dobîndește o elasticitate suplimentară.

Prin actul completării (care neagă absolutizarea factualului care afirmă posibilitatea integrării creatoare a acestuia) modelul matematic este capabil să surprindă multe dintre nuanțele mișcării (la diferitele sale nivele de complexitate) : el sesizează, într-o remarcabilă adecvare, dialecticitatea pulsațiilor universului oferind conștiinței cunoscătoare un mijloc de investigație de o mobilitate și acuitate extremă.

Modelul nu este inclus în real și, desigur, la rîndul său nu poate include în întregime realul : el are o parte vie, autonomă, care este tocmai germenele sensibil care permite aplicabilitatea (scurt-circuitarea modelului pe un segment factual) și interpretarea (valorizarea obiectelor modelizate).

Conștiința matematică generează modele ideale care transgresează frontierele realului — obiectual, printr-un proces de eliberare față de injocțiunile contingentului, într-o animație de cuprindere (de defensiune și aprehensiune) care este întreținută de energiile primare ale neliniștitei condiții umane, care, deopotrivă umilă și orgolioasă, finalizatoare și sisifică, mizeră și demiurgică, aspiră plenar spre perfecțiune [12].

Natura (extra-umanul) nu se îndreaptă deliberat (prin aspirație conștientă) spre perfecțiune (alterietatea naturii), dar în realizarea formelor sale (actualizarea potențialităților) nu poate evita acest traseu, încît reflectînd asupra uimitorului spectacol al fenomenalității adesea constatăm unele tendințe (naturaliste) spre perfecțiune (perfecționabilitate, optimizare). Ele sînt propulsate de norme randamentale, ipostazele perfecționabile fiind mai eficiente, mai durabile, avînd un statut de necesitate, de naturalitate, care nu poate fi abrogat. Matematica fiind, prin obscurele sale inserții, genetic ancorată în efervescența fenomenelor (aperfectibilă, dar nu nonperfectibilă) și devenind, prin distilări complexe (decantări, sublimări) un organon al rațiunii, dezvoltarea gîndirii care operează primordial cu modele matematice nu se află într-o relație de simplistă opoziție cu natura ci, dimpotrivă, într-una esențială—dialectică.

2. Sisteme cu caracter continuu

Sistemele care pot fi modelizate prin scheme care stau sub semnul continuului (continuitatea funciară crono-tipică, cîmpul, mediul fluid, continuitatea substanței, energiei, entropiei ș.a.) au atribute generale specifice, subsumate ideii patronimice. Legătura dintre părți este deosebit de strînsă : vecinătate, regim topologic, netezime în diferite grade. Astfel dacă legea de descompunere care caracterizează disponibilitățile sistemului este exprimabilă prin funcții de maximă netezime (analitice), apartenența elementelor la tot este foarte strînsă. Această coercițiune este explicit și operant exprimată de atributele analiticității.

a) Valorile unei funcțiuni olomorfe în interiorul unui domeniu închis de un contur sînt exprimate (printr-o integrală) cu ajutorul valorilor de pe frontieră (teorema lui Cauchy).

b) Dacă funcția este rațională pe un domeniu D (X) [7] [8] atunci ea este complet determinată de valorile zerourilor și polilor săi : singularitățile (atributele sale excesive, nivelele sale critice, paroxiste, avînd, prin însăși consistența sistemului la care aparțin, un statut invers : zeroul — infinitul) determină astfel complet funcțiunea (legea de bază a sistemului de tip analitic). Modelizarea, deși ideală (restrictivă) a sistemelor concrete (mai ales dacă li se ignorează natura interacțională și nu intervin complicații inextricabile cu caracter mai puțin sistematic și mai ales contingental), prin funcții continue și chiar analitice, are astfel o reală eficiență metodologică.

Imaginea matematică infinitezimală (dominată de ideia de continuitate) completează într-o asamblare superioară fapticul (generator al acestei imagini : situații fizice etc.) ilustrînd cu elocvență tendința spre idealitate a modelizărilor cuprinzătoare.

Exemple

A. Modelizarea analitică a funcției de interacție în agregatul invariantiv (inerțial) format din două corpuri. Mecanica

invariantivă este o teorie clasică a mişcării, creată de O. Onicescu şi studiată fizico-epistemologic de N. Ionescu-Pallas şi L. Sofonea, care obţine interesante consecinţe asupra mişcării obiectelor, rezultate obţinute (printr-o metodologie proprie) plecînd de la descrierea sistemului mecanic prin invarianţii săi cei mai direcţi, (euclidieni). Teoria obţine concluzii bine verificate de experienţă : variaţia masei cu viteza, relaţia energie-masă, grupul Lorentz-Poincaré, precum şi indicaţii asupra naturii inerţiale a efectului de expansiune al universului (legea lui Hubble).

Adoptînd pentru această teorie o metodologie lagrangeană, utilizată şi în alte cazuri, se caută (N. Ionescu-Pallas, L. Sofonea [15] să se examineze mişcarea celui mai simplu sistem mecanic, anume agregatul format din două corpuri, impunîndu-i acestuia condiţii foarte generale de simetrie, fără a prejudeca natura interacţiei (mişcare în virtutea inerţiei). De aceea funcţia de interacţiune este considerată a fi o funcţie analitică (grad de regularitate care se potriveşte cu simplitatea funciară a inerţialităţii). Exminînd mişcarea în aproximaţia termenilor de ordinul $\beta^2 = v^2/c^2$ se constată că se obţine mişcarea rectilinie a centrului de masă şi toate celelalte caracteristici de consistenţă fizică. Depăşind această aproximaţie se obţin indicaţii interesante asupra uşoarei acceleraţii a centrului de masă, precum şi asupra unor situaţii (mişcare liniară ; rotator) în care această consecinţă a teoriei invariantive generale nu se produc. Interpretările corespunzătoare vizează consistenţa demersului respectiv (mecanica invariantivă) şi aplicaţiile astronomice [15].

Modelizarea interacţiei prin funcţii analitice este nu numai o ipoteză de calcul dar ea corespunde şi intuiţiei că inerţialitatea este o proprietate profundă, cu atributele continuului.

B. Modelizarea analitică a comportării particulelor elementare (raporturile dintre analiticitate şi cauzalitate ; analiza polilor matricii de difuzie, Regge-istica [5, 6].

Sistemele care intervin în cercetare pot prezenta abateri mai mult sau mai puţin accentuate (de esenţă, sau de aspect exterior ; de aproximaţie principială sau lucrativă) de la continuitate, dar în orice condiţii modelizarea de tip continuu (ne-atomistă, dar distingînd şi ea anumite grade de netezime şi acceptînd o anumită asimilare a discretului), prezintă un interes în sine şi este un termen important de referinţă.

IV. CONTINUITATEA ŞI DISCONTINUITATEA MIŞCĂRII MECANICE

1. Mişcarea mecanică factuală şi mişcarea mecanică matematizată

Mecanica newtoniană şi cea analitică au oferit exemple elocvente de modelizare matematică avansată, arătînd, constructiv, raporturile dintre mecanică şi fizică, respectiv matematică. Dar siguranţa afirmaţiilor matematice (admisă) nu epuizează realitatea fizicii ci doar îi reprezintă esenţa (modelizează parţial, neexhaustiv, complexitatea). Deci, chiar la nivelul mecanic reprezentări matematice corecte pot să nu redea integral mişcarea fizică. Interpretarea matematică a legilor fundamentale ale mecanicii poate fi împinsă formal, pînă la o precizie care este mult dincolo de cea atinsă de testările experimentale ale realităţii şi atunci reprezentarea respectivă poate deveni nesigură (iluzorie : mişcare nerealizabilă) [16].

Dinamica clasică a punctului material conduce, datorită definirii abstracte a condiţiunilor mişcării, la rezultate formal-divergente, care se cer interpretate (fizic, formal). Astfel în mişcarea de alunecare a unui punct material de masa *m* de-a lungul unei curbe materiale în care curba acesteia este nulă iar masa are o viteză nenulă reacţiunea corespunzătoare acelui punct este, formal infinită. O divergenţă formală similară apare şi la realizarea ideală a rezonanţei : cînd pulsaţia forţei perturbatoare coincide cu cea proprie amplitudinea este (formal) infinită. Mişcarea astfel modelizată este doar o ficţiune matematică : o modelizare cinematică coerentă, irealizabilă însă dinamic.

Dificultăţile matematice de reprezentare sînt introduse de redarea adecvată (generală ; la orice grad de mişcare şi de orice grad de precizie matematică-fizică) a continuităţii mişcării.

2. Continuitatea spaţio-temporală a mişcării

Continuitatea mişcării are un aspect dinamic (proprietăţi adecvate ale forţelor : condiţii de finitudine) şi unul cinematic (traectoriile sînt succesiuni continue de etape : continuitatea spaţială şi continuitatea temporală).

Continuitatea temporală a mişcării nu este pusă la îndoială în mecanica clasică şi de aceea ea nu introduce dificultăţi speciale de reprezentare (timpul : parametru continuu). Continuitatea spaţială a mişcării de asemenea nu era pusă la îndoială în mecanica clasică, stările limită oricît de apropiate în spaţiu

fiind considerate întotdeauna realizabile prin act dinamic, deci printr-un proces mecanic în care există odată cu traectoria continuă, derivatele temporale corespunzătoare (adică cel puţin viteza şi acceleraţia), care configurează tabloul cinematic.

3. Reprezentarea discontinuităţii mişcării

Nerealizarea acestor condiţii limită de reprezentare a fost evidenţiată în mod acut de progresele analizei matematice în faza în care aceasta a depăşit nivelul intuitiv al reprezentării continuităţii şi limitei. Construirea, în 1875, de către Weierstrass a unei funcţii de variabilă reală, continuă, care nu posedă o derivată pentru nici o valoare a variabilei (deci în totală opoziţie cu convingerea intuitivă că orice asemenea funcţie poate fi derivabilă, cu excepţia unor singularităţi ale variabilei) are directe implicaţii în reprezentarea mecanicii. Mecanica newtoniană admite (şi chiar cultivă, încă de la fundamentarea ei), ideea că legea continuă de mişcare determină viteza şi acceleraţia, mărimi derivate cu caracter continuu (eventual cu excepţia unor puncte singulare). Bazele reprezentative, matematice, pe care este aşezată mecanica newtoniană sînt astfel puse în discuţie : dar nu sub incidenţa fizicului, ci sub cea a matematicului (a exprimării).

Încercările explicative ale mecanicienilor (Appel, Janaud), care s-au făcut imediat după semnalarea „evenimentului matematic", nu puteau fi decît preliminare atît timp cît analiza funcţională reală nu avea să ofere un calcul infinitezimal mai rafinat (cercetările lui Cantor asupra mulţimilor, teoria modernă a funcţiilor reale, lucrările lui Borel, Baire, Lebesque, Denjoy) [16, 17]. Admiterea (prin axiomatizare) că un punct în mişcare posedă în orice fază a acesteia (descrisă printr-o funcţie continuă) o viteză şi o acceleraţie bine determinate nu poate fi considerată ca o consecinţă obligatorie a familiei funcţiilor clasice : în acest sens, noţiunea de derivată este, falsă din punct de vedere fizic" (Denjoy) şi este necesară extinderea conceptelor moderne ale analizei funcţionale la analiza vectorială. Utilizarea noilor achiziţii ale matematicii promitea posibilitatea construirii unor modele operante care totodată să fie acceptabile, din punctul de vedere al ideilor fizice generale, şi, prin aceasta, şi al experienţei (cu inerentele sale limite de testare).

Remedierea „crizei de reprezentare" a continuităţii s-a încercat prin introducerea unor aserţiuni suplimentare cu valoarea de postulat. Astfel (Hamel, Zoretti) s-a admis pur şi simplu

existenţa unui „principiu de continuitate" după care legile de mişcare şi, în general, toate legile fizicii, sînt descrise prin funcţii continue derivabile indefinit (analicitate ; deşi, în fond în determismul mişcării nu intervin decît primele două derivate, succesiunea fazelor fiind reglementată de ecuaţii de ordinul al doilea).

„Principiul de continuitate" are un evident caracter ad hoc şi, totodată, nu este decidabil, el fiind considerat de însăşi creatorul său ca avînd un caracter intangibil, nefiind demonstrabil matematic şi nici fizic, deoarece experienţele nu pot decela diferenţialele. Principiul [18] nu poate interveni în demonstraţia nici unei teoreme şi deci nu poate fi inclus într-o construcţie axiomatică a mecanicii [18].

Reprezentabilitatea adecvată a mişcării în termeni matematici impune astfel rafinarea tipurilor de relaţii admise : legătura dintre tipul de mecanică şi tipul (adică nivelul) de analiză funcţională însuşit.

4. Condiţii de finitudine

Evitarea expresiilor formal — inacceptabile (mişcării irealizabile) reclamă completarea axiomelor fizice ale mecanicii raţionale cu unele condiţionări cu caracter de regularizare.

Se admite că, (în orice context dinamic) pentru realizarea unei mişcări într-un timp finit nu pot interveni decît forţe finite, respectiv forţe avînd în acea durată un număr finit de schimbări (orientări în spaţiu ale forţei). Aceste restricţii sînt impuse de experienţa directă : care exclude infinitudinea dinamică producătoare de efecte finite [16] şi constată că forţa care produce mişcarea nu-şi poate schimba orientarea de o infinitate de ori într-un interval de timp, finit. Restricţiile de finitudine trebuiesc considerate, în ierarhia tezelor necesare fundamentării mecanicii raţionale, ca fiind propoziţii subsidiare cu caracter de regularizare (netezire) ele intrînd în definiţia completă a forţei (un vector, supus prin definiţie liniarităţii superpoziţionale cît şi condiţiilor de mărginire atît ca mărime cît şi ca inversare) [16].

Astfel formulate [16] condiţiile de finitudine au un conţinut fizic : aserţiuni cu caracter negativ, „moderator", (de regularizare) care permit reducerea la absurd a unor intervenţii dinamice iluzorii (infinite) în timp finit. Aserţiunile por fi folosite în consideraţii matematice justificative [16] capabile să elimine situaţii de formal impact cu experienţa.

Admiţînd valabilitatea acestor postulate de finitudine [16] o mişcare dată este considerată realizabilă într-un interval

finit de timp dacă pentru şirurile de mişcări regulate — realizabile care aproximează oricît de mult mişcarea considerată există un şir infinit de mişcări astfel ca forţele care le produc să fie mărginite şi ansamblul lor în respectivul interval de timp şi totodată ele să-şi schimbe orientarea numai de un număr finit de ori în orice şir crescător-descrescător de momente din respectivul interval.

Din punctul de vedere al adecvării formale a modelizării matematice teoria mecanică distinge mai multe tipuri de mişcări :

a) Mişcări efectiv reale (neîmpiedicate prin rezistenţe pasive şi ai cărei termeni sînt definiţi matematic în mod neîndoielnic).

b) Mişcări realizabile (dacă sînt definite cinematic prin mărimi care reprezintă limite finite ale unui şir de mărimi corespunzător unor mişcări reale, iar rezistenţele pasive fie nu intervin deloc, fie tind către zero).

c) Mişcări „irealizabile" (dacă există forţe pasive care blochează mişcarea şi ele nu sînt considerate în intervalul sistemului respectiv : dacă respectivele limite corespunzătoare şirului de mişcări reale nu există).

„Criza de reprezentare" a „infinitezimalităţii" mişcării avea un caracter dramatic numai în gîndirea care admitea că mecanica clasică are o valabilitate indefinită (la orice scară, la orice detaliu) şi deci această valabilitate trebuie să fie prezentată în toate reprezentările ei. Istoria ştiinţei a arătat că valabilitatea însăşi a mecanicii clasice este limitată (zona detaliilor atomice este în orice caz exclusă). Configurarea strictă a domeniului mecanicii clasice (a obiectelor respectivelor teorii) este astfel condiţionată atît de evoluţia cuprinsului experienţei fizice (evoluţie reflectînd o permanentă expectativă, o permanentă istoricitate a cunoaşterii ştiinţifice) cît şi de rafinarea tipului de relaţii (reprezentări operabile : mecanica „vectorială", mecanica „analitică", mecanica fenomenelor descriptibile prin distribuţii sau prin alte achiziţii ale analizei funcţionale). Starea specifică de deschidere (de istoricitate), este deci proprie şi unei discipline atît de elaborate cum este mecanica clasică, ceea ce ilustrează, printr-o exemplificare pregnantă, o modalitate generală a atitudinii ştiinţifice.

Mişcarea în mecanica clasică stînd, în principal, sub semnul ideii de continuitate (fizică), reprezentarea ei (matematică) poate fi adecvat efectuată ţinînd seama de întregul conţinut (semnatic, operaţional : nivele de netezime) al ideii matematice de continuitate.

BIBLIOGRAFIE

1. KENNETH E. BOULDING, *General Systems as a Point of View. Views on General Systems Theory*, Proc. of Seconds Systems S Symposium at Case Institute of Technology, John Willey Inc. New York — London — Sydney, 1964, p. 25—38.
2. C. WEST CHURCHMANN, *An Approach to General Systems Theory. Views on General Systems Theory*, Proc. of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology, John Willey Inc. New York—London—Sydney, 1964, p. 173—175.
3. L. VON BERTALANFFY, *General Systems Theory: A New Approach to Unity of Science*, Human Biology, 1951, vol. 23, p. 303—361.
4. C. KITTEL, *Introducere în fizica corpului solid*, Edit. tehnică, 1972.
5. A. D. MARTIN. T. D. SPEARMAN, *Elementary particle theory*, North Holland, Publ. Comp. Amsterdam, 1970.
6. P. ROMAN, *Theory of elementary Particles*, North Holland Press Comp. Amsterdam, 1960.
7. G. CHOQUET, *Outils Topologiques et Metriques de l'Analyse Mathematique*, Centre de Doc. Univ. Paris, 1969.
8. M. NICOLESCU, N. DINCULEANU, S. MARCUS, *Analiza matematică*, vol.I., Edit. didactică, 1972.
9. A. P. IUSKEVICI, *Istoria matematicii*, Moscova, 1961 (trad.), Edit. tehnică, 1963.
   G. LORRIA, *Storia delle Matematiche*, Torino, 1932.
   R. TATON (sub. red.) *Istoria generală a ştiinţei*, Edit. tehnică, 1971,
10. H. WEYL, *Simetria*, Edit. ştiinţifică, 1966.
11. L. SOFONEA, *Istoria conceptuală a fizicii clasice*, Partea I, Univ. Braşov, 1979.
12. O. BECKER, *Grosse und Grenze der Mathematischen Denkweise*, Verlag Karl Alber, Freiburg/München, 1959.
13. ST. KORNER, *Introducere în filozofia matematicii*, Edit. ştiinţifică, 1965.
14. A. DUMITRIU, *Istoria logicii*, Edit. did. pedag. Bucureşti, 1975.
15. L. SOFONEA, N. IONESCU-PALLAS, *Lagrangean formalism of the Onicescu's* Invariantive Mechanic, Revue Roum. de Phys., **18**, *3* (1973).
   N. IONESCU-PALLAS, L. SOFONEA, *The motion of a invariantiv system with two bopy, of motion*, Rev. Roum. de Math. (spre publicare).
16. AL. FRODA, *Contributions à la mécanique classique du point matériel*, IV, Congres de logică, metodologie şi filozofie a ştiinţei, Bucureşti, 1971.
   AL. FRODA, *Dificultăţi matematice în fundamentarea mecanicii raţionale*, Forum *1* (1971).
17. A. DENJOY, *Introduction à la théorie des fonctions de variables réelles*, Paris, **1**, 7—18, 1947.
18. G. HAMMEL, *Elementare Mechanik*, Leipzig, 1912.
   G. HAMMEL, Die Axiome der Mechanik, **5**, 12.
   L. ZORETTI, *Les principes de la mécanique classique. Memorial des sciences mathematiques*, fasc. 30, Paris, 1928, p. 16—17.

• Sisteme cibernetice

EDM. NICOLAU

1. Noțiuni introductive

Scopul prezentului studiu este descrierea sistemelor cibernetice și stabilirea unor proprietăți legate de oscilațiile care pot apare în aceste sisteme.

Amintim că o primă definiție neformală a ciberneticii a fost dată de către André-Marie Ampère (1843) în clasificarea pe care el a creat-o pentru toate științele existente sau posibile. Iată, în traducerea noastră, pasajul respectiv.

„*Cibernetica*. Relațiile de la popor la popor, studiate de cele două științe precedente (dreptul internațional și diplomația, nota noastră), nu sînt decît cea mai mică parte a obiectelor asupra cărora trebuie să vegheze un bun guvern; menținerea ordinii publice, executarea legilor, justa repartizare a impozitelor, alegerea oamenilor pe care el trebuie să-i utilizeze și tot ceea ce poate contribui la ameliorarea stării sociale, reclamă în fiecare moment atenția sa. Fără îndoială el are de ales dintre diferitele măsuri pe aceea care este cea mai potrivită atingerii scopului; și numai după studiul aprofundat și comparat al diferitelor elemente care îi dau, pentru această alegere, cunoașterea a tot ceea ce este relativ la națiunea pe care o conduce, la caracterul, moravurile, opiniile, istoria, religia, mijloacele de existență și de prosperitate, organizare și legi, poate să-și facă reguli generale de conduită, care îl conduc în fiecare caz particular. Numai după toate științele care se ocupă de aceste obiecte diverse trebuie să plasăm pe aceea de care este aici vorba și pe care o numesc Cibernetică, de la cuvîntul Kibernetiki, care, luat mai întîi într-o accepțiune restrînsă, drept arta conducerii unui vas, a căpătat prin uzaj, chiar la greci, sensul cu mult mai întins, de *arta conducerii în general*".

Definiția lui Ampère este, desigur, neformală și destul de imprecisă, pentru Ampère cibernetica intrînd în aceeași categorie de științe sociale ca Dreptul internațional sau Diplomația.

Wiener (1948) a făcut un pas mai departe definind Cibernetica drept „știința comenzii și comunicării la ființe și mașini". Putem accepta că definiția include sensul lui Ampère, dacă admitem că în societatea ființelor cibernetica se ocupă atît de ființele individuale cît și de societatea în care aceste ființe trăiesc.

Problema formalizării ciberneticii a format obiectul unor studii speciale (Cybernética, 1971).

În lucrări recente, ca cea a lui Ilin, Anhimiuk și Babuk (1975), cibernetica este definită drept știința legităților generale ale conducerii, transformarea și transmiterea informației în mașini, organisme vii și în reuniunea lor.

G. Boulanger (1975) definește cibernetica drept știința comportamentelor care au un scop (cu finalitate). Această ultimă definiție nu este satisfăcătoare, deoarece scopul aparține numai oamenilor — sistemele putînd urmări un scop fixat de oameni.

Ne propunem ca în cele ce urmează să abordăm problema ciberneticii din punctul de vedere al teoriei sistemelor.

2. Sisteme cibernetice

Decuparea unei porțiuni din realitate se poate face după criterii diferite. Aceasta corespunde posibilității de a considera un sistem ca fiind format din subsisteme diferite, în funcție de criteriile adoptate. Invers, orice sistem, cu excepția Universului, poate fi considerat ca subsistem al altui sistem care îl cuprinde. Referitor la substanță, se admite a exista o limită inferioară a elementarității, așa-numitele cuarcuri.

Fie clasa sistemelor orientate. Un astfel de sistem este descris prin mărimile de intrare, mărimile de ieșire, operatorii care leagă între ele aceste mărimi și starea inițială a sistemului. Se poate considera că propriu sistemului este operatorul amintit și starea inițială a sistemului. În modul acesta, orice sistem orientat poate fi reprezentat printr-un arc orientat de la intrare spre ieșire. Arcul este marcat cu operatorul corespunzînd sistemului și cu starea inițială (Nicolau și Popovici, 1967). Se admite că sistemul este cauzal, în accepțiunea contemporană a termenului (Nicolau, 1974) și admite o evoluție unică.

În modul acesta se asociază un arc orientat fiecărui subsistem al unui sistem dat. Sistemul în cauză este pus în corespondență cu un graf orientat și marcat.

Definim drept sistem cibernetic sistemul al cărui graf asociat cuprinde cel puțin o buclă.

În mod tacit s-a admis că subsistemele sînt astfel încît intersecția dintre mulțimea ieșirilor unui subsistem și mulțimea intrărilor unui subsistem cu care este acesta conectat, nu este vidă. Altfel spus, printre subsistemele S_{ij} conectate la ieșirea unui subsistem, S_i, există cel puțin unul astfel ca

$$\text{dom } S_{ij} \cap \text{codom } S_i \neq \emptyset$$

3. Sisteme cibernetice și matroizi

Teoria matroizilor a început a fi utilizată mult (C.P. Bruter) atît în studiul unor sisteme de comandă optimală, cît și în studiul sistemelor electrice (Fujishije, Iri). Enunțăm, fără demonstrație, următoarea

TEOREMĂ. *Sistemele cibernetice cu cel puțin două căi de reacție pot fi matroizi.*

4. Teoreme referitoare la sisteme continue

Din punct de vedere teoretic este important să cunoaștem care sînt tipurile de ecuații care pot fi modelate prin sisteme continue formate numai din elemente tip precizate. În cele ce urmează se consideră că dispunem de un număr finit — dar suficient de mare — de sumatoare ideale și de integratoare ideale. Fiecare din aceste elemente are un număr convenabil de intrări. Elementele care multiplică cu constante sînt de asemenea ideale și valoarea parametrului lor poate fi variată continuu în $\mathbb{R}^+$. Pentru un astfel de sistem, Shannon a dat o serie de teoreme, arătînd care sînt tipurile de ecuații diferențiale la care se pot obține integrale particulare cu astfel de calculatoare analogice. În cele ce urmează vom da o formulare proprie acestor teoreme, adăugînd și altele personale. În prealabil precizăm că variabila independentă este timpul, notat t. Mărimea u_{j0} de la ieșirea sumatorului numărul j este

$$u_{j0} = -\sum_i a_{ij} u_{ji}, \quad i = \overline{1, N_j},$$

unde u_{ji} sînt tensiunile de la intrările sumatorului, a_{ij} sînt constante pozitive, iar N_j este numărul intrărilor.

La integrator, relația de definiție este

$$u_{k0}(t) = - b_k \int_0^t u_k(t)\mathrm{d}t + u_{k0}(0),$$

unde u_{k0} este mărimea de la ieșirea integratorului k, $u_k(t)$ este mărimea sa de intrare, b_k este o constantă pozitivă iar $u_{k0}(0)$ este o altă constantă, anume mărimea de la ieșirea integratorului pentru $t = 0$.

Putem formula unele leme generale.

LEMĂ. *Orice sumator cu un număr $n \in N$ de intrări, poate fi realizat cu n sumatoare avînd fiecare numai două intrări.*

Studiul modelelor economice ne-a condus la considerarea unor mărimi care sînt întîrziate în raport cu altele. Pentru modelarea analogică a unor astfel de sisteme, introducem un nou element ideal, linia de întîrziere. Acest element are o intrare și o ieșire. Între intrarea $u(t)$ și ieșirea $y(t)$ este definită relația

$$y(t) = u(t - \tau),$$

unde $\tau \in \mathbb{R}^+$. De obicei în modelele de dezvoltare economică $\tau \in N$.

LEMĂ. *O linie de întîrziere ideală, la care $\tau = n \in N$ este echivalentă cu n linii de întîrziere ideale, avînd fiecare o întîrziere unitară $\tau_0 = 1$.*

Vom defini drept invertor, un sumator avînd o intrare u, și o ieșire u_0 și la care $a_{11} = 1$. La invertor subsistă relația $u_0 = -u_1$.

LEMĂ. *Dispunînd de un sumator, un integrator și un invertor, se poate realiza un sumator, respectiv un integrator, la care constanta de însumare, respectiv de integrare, ia valori în $\mathbb{R}$.*

Demonstrație. La un sumator, respectiv integrator fizic realizabil, constanta respectivă ia valori în $\mathbb{R}^+$. Dispunînd în montaj și invertorul, se obține un dispozitiv echivalent la care constanta ia valori în $\mathbb{R}^-$. Utilizînd ambele posibilități — cu sau fără invertor — se obține un dispozitiv la care constanta echivalentă ia valori în $\mathbb{R}$.

TEOREMĂ. *Pentru ca un sistem de ecuații diferențiale ordinare omogene cu coeficienți constanți să poată fi modelat analogic cu un număr finit de sumatoare și integratoare, este necesar și suficient ca acest sistem să poată fi scris sub forma*

$$\sum_{k,m} a_{jkm} D^m u_k - u_j = 0,\ j = \overline{0, M},\ k = \overline{1, N}$$
$$m = \overline{P, M},\ P < M,\ D = \mathrm{d}/\mathrm{d}t,\ M, N, P \in \mathbb{N}, \tag{1}$$

în ipoteza că structura formată din integratoare și sumatoare este invariantă în timp. P poate fi și negativ, deoarece dacă se parcurge un integrator în sens direct, se realizează operatorul D^{-1}.

Demonstrație. Demonstrația pleacă de la o structură realizată în condițiile date, la care în anumite noduri există mărimile u_j. Admitem că la nodul J avem u_j. la nodul L pe u_1 etc. Considerăm arborele care pleacă de la nodul J spre toate celelalte noduri. Se observă că acest nod poate fi conectat la un integrator sau la un sumator, eventual la ambele. În cazul în care avem un integrator, între ieșirea sa u_0 și intrarea sa u_1 subsistă relația

$$u_1 = c\mathrm{d}u_0/\mathrm{d}t = cDu_0,$$

unde c este o constantă. Parcurgînd circuitul de la nodul J la care există u_j, la nodul K unde există u, întîlnim un număr de integratoare și de sumatoare. La fiecare integrator parcurs în sens invers se mai realizează o derivare, la fiecare sumator parcurs invers facem ca în expresia mărimii u_j să apară și alte mărimi u_1. Astfel spus, fiecare mărime u_j este o sumă ponderată a derivatelor de diferite ordine a mărimilor u_k. În modul acesta se justifică sistemul de ecuații diferențiale postulat. Condiția este deci suficientă.

Să arătăm că ea este și necesară. Dacă relația diferențială (1) nu este satisfăcută, nu putem construi un calculator analogic realizat numai cu integratoare și sumatoare, în număr finit, care să modeleze mărimile respective.

TEOREMĂ. *Orice funcție continuă în intervalul (a, b) poate fi realizată cu o precizie oricît de bună, cu un număr finit de integratoare și sumatoare.*

Demonstrație. Se utilizează teorema lui Weierstass care afirmă că orice funcție continuă într-un interval, poate fi aproximată, în acel interval, printr-un polinom cu coeficienți reali, de grad suficient de mare. Dar polinomul poate fi soluția unei ecuații

diferențiale, care se poate obține analogic numai cu integratoare și sumatoare, în număr finit.

Problema ecuațiilor diferențiale ordinare neomogene poate fi redusă la cazul ecuațiilor omogene. Fie de exemplu ecuația $Nu = f$ unde N este un operator diferențial (polinom în D) iar f o funcție continuă dată. Ecuația $Nu = 0$ se poate studia analogic cu un număr finit de sumatoare și integratoare — așa cum s-a arătat. Dar și f poate fi considerată soluția ecuației diferențiale $Mv = 0$, care la rîndul ei se poate modela analogic cu un număr finit de sumatoare și integratoare. Interconectînd convenabil cele două rețele de sumatoare și integratoare, se obține un sistem analog ecuației neomogene $Nu = f$.

Se înțelege că putem lărgi considerabil sfera funcțiilor care se pot realiza analogic dacă admitem că în sistem, în afară de sumatoare și integratoare dispunem și de alte elemente, cum ar fi comutatoare comandate în timp, comparatoare, multiplicatoare etc. Problemele conduc la sisteme interesante, studiate în parte din punctul de vedere al sintezei în domeniul timp de Gh. Cartianu, V. Vlad și A.T. Murgan.

Utilizînd și transformatoare funcționare se obțin sisteme descrise prin ecuații eventual neliniare.

Elementele care realizează întîrzieri conduc la sisteme cu argument întîrziat.

Sistemele cu timp discret pot fi modelate dispunînd de aceleași elemente ca și în cazul sistemelor cu timp continuu, la care se adaugă dispozitive de interconectare periodică a elementelor — eventual de dispozitive de memorie, care păstrează anumite valori ale semnalelor, între două momente în care timpul este definit.

5. Oscilații în sisteme cibernetice

La sistemele cibernetice se pot studia diverse probleme. Amintim astfel de problema stabilității — care a fost mult studiată — conducînd și la noțiunea de hiperstabilitate; de problema sensitivității, de problema oscilațiilor și a stabilității lor, de sincronizarea oscilatorului cu semnale externe etc.

Există, desigur, și posibilitatea de a combina diferitele aspecte, studiindu-se, de exemplu, stabilitatea oscilațiilor, atunci cînd variază un parametru caracteristic din structura sistemului, sau condițiile inițiale etc.

6. Sisteme cu operatori inversabili

Fie un sistem cu intrarea u și ieșirea y. Timpul se definește pe $\mathbb{R}$ (J.C. Willems, 1969). Ecuația de reacție se scrie $y = Fu$ unde F este un operator cauzal, cu domeniu și codomeniu convenabile. Fie

$$L_{2e}(-\infty, \infty) = \left\{ x(t) \left| \int_{-\infty}^{T} |x(t)|^2 \right| dt < \infty, \ \forall T < \infty \right\}.$$

Se admite că u și y sînt funcții reale în L_{2e}. Se admite că $u \in L_{2e}(R)$ cu $u(t) = 0$ pentru $t < T$ și că există un singur $y \in L_{2e}(R)$ cu $y(t) = 0$ pentru $t < T$, astfel ca $u = Fy$, iar legătura dintre y și u să nu fie anticipativă. Operatorul F definește un sistem cu reacție stabil, dacă și numai dacă F este invertibil în $L_{2e}(R)$ și dacă acest invers este cauzal în $L_{2e}(R)$.

Operatorii care transformă pe $L_{2e}(R)$ în el însuși formează o algebră; submulțimea operatorilor cauzali formează o subalgebră. Rezultă că operatorul F definește un sistem cibernetic stabil dacă și numai dacă F este un element regulat al acestei subalgebre, adică dacă admite un invers.

Considerăm un sistem cibernetic autonom, descris prin doi operatori cauzali.

Deoarece orice operator real fizic realizabil este neanticipativ, deci cauzal, nu are sens să ne ocupăm decît de sisteme în care intervin astfel de operatori.

Mai mult, admitem criteriul finitudinii: pentru orice intrare finită, sistemul are o ieșire finită

$$\forall u < \infty, \exists K \in \mathbb{R}, \quad ||y|| \leqslant K||u||.$$

Să arătăm, pe un exemplu, că această condiție de inversabilitate este necesară. Fie un sistem la care relațiile dintre intrări și ieșiri sînt date algebric. Cazul cel mai simplu este acela al unei rețele liniare, la care subsistă relațiile

$$y = Au.$$

Să admitem că matricea este nesingulară, det $A \neq 0$. În acest caz, din y se poate reconstitui u, cu ajutorul inversei A^{-1}. Altfel spus se poate realiza o rețea B, care din ieșirea y să reconstituie pe u. Conectarea lui A cu B conduce la un sistem cu reacții

multiple, oscilant. În caz contrar, det $A = 0$, nu mai este posibil a sintetiza o rețea B, deci sistemul nu poate oscila.

7. TEOREMĂ.

Pentru ca un sistem cibernetic format din blocurile descrise prin operatorii A și B să oscileze, o condiție necesară este ca operatorii A și B să fie inversabili: $BA = I$, unde I este operatorul transformării identice.

Demonstrație. Fie u semnalul la intrarea primului bloc; semnalul la ieșire va fi $y_1 = Au_1$. Ieșirea celui de-al doilea bloc este $y_2 = BAu_1$. Dar dacă sistemul este oscilant $y_2 = u_1$, deci se ajunge la relația necesară

$$BAu_1 = u_1,$$

de unde se deduce condiția

$$BA = I.$$

Condiția nu este suficientă, după cum rezultă din faptul că $AB = I$, nu implică existența unor semnale în sistem.

Dacă însă în sistem nu există nici un semnal, condiția $AB = I$ poate fi satisfăcută în continuare.

Pentru regimul slab, situația este evidentă; o oscilație existentă la un moment dat, rămîne mereu în sistem.

Să considerăm regimul „tare" și anume un sistem format dintr-un bloc liniar (de exemplu calea de reacție) și unul neliniar (amplificatorul). Blocul liniar se caracterizează prin matricea B constantă, iar blocul neliniar prin matricea A ai cărei coeficienți depind de amplitudinea semnalului existent în sistem. Pentru semnale de amplitudine mică condiția $AB = I$ nu e satisfăcută și sistemul nu oscilează. Pentru o excitare inițială convenabilă, se intră în regimul cu amplitudine mare, deci $AB = I$ și sistemul oscilează.

Reținem importanța condițiilor inițiale pentru caracterizarea sistemelor.

TEOREMĂ. *La un sistem cibernetic oscilant, operatorii A și B comută.*

Demonstrație. S-a demonstrat că o condiție necesară de oscilație este $BA = I$.

Dacă se ia originea la intrarea celuilalt bloc, condiția devine $AB = I$. Rezultă că operatorii A și B sînt comutabili

$$AB = BA.$$

8. Sisteme cu neliniarități

Subsistemele care formează sistemele cibernetice pot fi continue sau discontinue, liniare sau neliniare. Precizăm că liniaritatea trebuie înțeleasă referitor la întregul domeniu de variație al intrărilor, respectiv ieșirilor. Astfel, un transformator funcțional cu diode ideale, este liniar pe porțiuni, dar este în fond neliniar.

În practică, pentru un domeniu suficient de mare de variație a mărimii de intrare, sistemele, de obicei, prezintă neliniarități.

Să considerăm relația intrare u ieșire y la un sistem. Admitem că sistemul are punctul de funcționare (u_0, y_0) și că se poate scrie $y_0 = mu_0$. Se trece la valoarea apropiată a intrării, u, $u = u_0 + p$ și se caută ieșirea y, sub forma $y = y_0 + q$.

9. Metode de liniarizare

Sistemele neliniare se pot studia prin diferite metode. În cazul în care neliniaritățile nu sînt prea mari, o metodă curentă este aceea a liniarizării, ceea ce revine la reținerea numai a termenilor liniari din dezvoltarea în serie de puteri a caracteristicii, respectiv a funcțiilor neliniare. Dacă însă aceste caracteristici nu sînt derivabile în jurul punctelor care ne interesează, metoda nu se poate utiliza.

O metodă diferită este aceea a căutării soluțiilor periodice, sub forma unor serii trigonometrice, din care se rețin numai termenii de anumite pulsații, de obicei fundamentată. Metoda conduce la un sistem de ecuații algebrice, din care se identifică coeficienții care ne interesează, deci se deduce seria. Dacă din dezvoltarea în serie se reține numai fundamentala, se ajunge la metoda funcției de descriere. Metodele de liniarizare duc uneori la pierderea unor aspecte caracteristice ale sistemelor neliniare inițiale.

10. Tipuri de neliniarități

Relația dintre p și q poate fi în primă aproximație liniară. Pentru variații lente, putem adopta o relație neliniară de unul din tipurile simple, polinomiale:

$$p = mq^a, \qquad q = m'p^b,$$

$$p = mq + nq^2, \qquad q = m'p + n'p^2,$$

$$p = P_r(q), \qquad q = P_r(p),$$

unde toţi coeficienţii şi exponenţii sînt din $\mathbb{R}$, iar P_r este un polinom de grad r, cu coeficienţi reali.

În toate aceste cazuri sîntem în prezenţa unor caracteristici neliniare, dacă a, b, $r>1$.

Caracteristicile pătratice sînt cu derivata a doua monotonă. Ele pot fi, în jurul unui punct, convexe sau concave — eventual drepte pe o porţiune suficient de mică. La un polinom de grad cel puţin trei, pot apare caracteristicile numite în N şi în S. Caracterul de monotonie a derivatei secunde poate dispare. Apar porţiuni ale caracteristicii la care semnul derivatei dy/du este negativ.

Elementele cu caracteristici în S sau în N intervin în mod curent în oscilatoarele neliniare şi au fost studiate intensiv de T. Tănăsescu şi colaboratorii săi.

Un considerent energetic simplu arată că orice oscilator neliniar cibernetic, trebuie să aibă un element care să aducă un aport de energie — dacă ne referim la un sistem format din elemente la care se aplică principiul conservării energiei, aşa cum este cazul la oscilatoarele electronice. Dar atunci cînd caracteristica intrare-ieşire, de exemplu caracteristica tensiune-curent, este cu derivata pozitivă, avem un consum de energie. Dar aşa sînt toate elementele pasive. Rezultă cu necesitate că oscilatorul cibernetic de acest tip trebuie să cuprindă şi un subsistem la care derivata amintită să fie de semn contrar.

Este interesant de remarcat faptul că cele două tipuri de dispozitive — în S şi în N — au proprietăţi diferite. Astfel, la un dispozitiv în N, o verticală — adică o paralelă la axa oy — taie caracteristica într-un singur punct, în timp ce o orizontală — adică o paralelă la ox — o taie în unul, două (în punctele de tangenţă) sau trei puncte. Din acestea trei, unul nu este stabil. La dispozitivele de tip S situaţia este duală, în sensul că se obţin aceleaşi rezultate ca la circuitul în N, dacă se schimbă x cu y şi invers.

Este important de subliniat faptul că aceste caracteristici în S sau în N sînt caracteristici statice. În general ele au fost studiate în legătură cu rezistenţele neliniare, aceste caracteristici fiind caracteristici tensiune-curent. S-a demonstrat (Cartianu, 1954) că un element rezistiv care are o astfel de caracteristică posedă, implicit, un element reactiv care îi asigură stabilitatea funcţională.

Teoria catastrofelor elaborată de René Thom, poate conduce la o nouă interpretare a teoriei oscilatoarelor cu reacţie, în regim neliniar, făcînd să intervină şi suprafeţele Riemann-Hugoniot.

11. Evoluţia sistemelor cibernetice

În funcţie de structura lor şi de starea iniţială, sistemele cibernetice pot avea diferite moduri de evoluţie în timp. Se disting următoarele tipuri de evoluţie : stabilă ; astabilă. În cazul stabil, se disting alte două posibilităţi : periodică şi neperiodică. Evoluţia neperiodică poate fi şi ea de două tipuri : de la un moment dat starea nu se mai schimbă, deci rămîne constantă ; variază în permanenţă. S-a considerat sistemul ca fiind autonom.

Pentru fiecare caz în parte se poate studia stabilitatea faţă de variaţia condiţiilor iniţiale, a structurii sau faţă de perturbaţii.

Pentru sistemele neautonome, se pot considera în plus diverse probleme cum ar fi accesibilitatea, identificarea, observabilitatea, controlabilitatea. Se pot considera sistemele ca fiind deterministe, probabiliste, vagi. Se poate pune problema păstrării unor proprietăţi, faţă de unele tipuri de transformări la care sînt supuse sistemele. Toate aceste probleme pot fi studiate atît pentru sistemele liniare cît şi pentru cele neliniare, cu tehnici dintre cele mai variate. Sistemele cibernetice continuă să fie un domeniu vast, în care întîlnim şi unele probleme de interes larg, cum ar fi sistemele instruibile, ierarhizate, adaptive etc. Multe din rezultatele recente ale investigatorilor, de exemplu cele ale lui V.M. Popov, îşi au originea în studierea unor sisteme cibernetice.

BIBLIOGRAFIE

G. Adomian, *Random operator equation in mathematical physics*, J. of Mathematical Physics, **11**, *3*, 1069–1084, march (1970).

A.-M. Ampère, *Essai sur la philosophie des sciences*, II, Paris, Bachelier, 1843, p. 140–141.

C. Bălăceanu, Edm. Nicolau, *Les fondements cybernétiques de l'activité nerveuse*, l'Expansion Scientifique, Paris, 1971.

G. Boulanger, *La Cybernétique*, Intermédiaire, **6**, *9*, 1 – 5, (1975).

C.P. Bruter, *Eléments de la théorie des matroïdes*, Springer Verlag, Heidelberg, 1973.

Cl. P. Bruter, *Topologie et Perception*, I, II, 1974, 1976, Maloine–Doin, Paris.

Gh. Cartianu, *Analiza şi sinteza circuitelor electrice*, Edit. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1972.

M. Drăgănescu, *Capacităţi neliniare*, Automatica şi Electronica, 61–65, (1957).

M. DRĂGĂNESCU, *Oscilatoare electronice*, Electrotehnica, VIII, *3*, 115–121 (1958).
N.Y. FOO, *Stability preservation under homomorphism*, Trans. IEEE, SMC–**7**, *10*, 750–754 (1977).
S. FUJISHIGE, M. IRI, *On some properties of a linear system with combinatorial constraints*, Research Memorandum RMI 76–01, Dept. of Math Engrg and Instr. Phys., Fac. of Engrg, University of Tokyo, Bunkyo-ku.
O. ILIN, V. ANHIMIUC, A. BABUK, *Osnovi tehniceskoi kibernetiki*, Izd. „Vișeișaia școla”, Minsk, 1975.
ADRIAN MURGAN, *Sisteme autooscilante electronice*, Inst. Politehnic București, 1974.
EDM. NICOLAU, *Asupra măsurării meritelor pentru miezuri de înaltă frecvență*, Electronika, IV, *6*, 272–275.
EDM. NICOLAU, AL. POPOVICI, *Cybernétique modèles et graphes*, 5e Congrès International de Cybernétique, Namur, 11–15 Sept., 1967, p. 11–18.
EDM. NICOLAU, AL. POPOVICI, *Algoritmi, Automate finite, Calculatoare electronice*, Edit. științifică, București, 1967.
EDM. NICOLAU, *Introducere în electromagnetismul teoretic modern*, Edit. Academiei, București, 1974.
EDM. NICOLAU, *Aplicații biologice ale teoriei catastrofelor în probleme actuale de informatică și conducere*, Edit. Dacia, Cluj-Napoca, 1977, 459–465.
V. M. POPOV, *Applications of the saturability technique in the study of stability of nonlinear systems*, Nonlinear Analysis, Theory, Methods & Applications, 1, *5*, 571–581 (1977).
T. TĂNĂSESCU, *Manual de tuburi și circuite electronice*, vol. II, Edit. Academiei, București, 1956.
R. THOM, *Stabilité structurelle et Morphogenèse*, Ediscience, Paris, 1972.
J. C. WILLEMS, *Stability, Instability, Invertability and Cauzality*, SIAM J. Control, **7**, *4*, 645–671 (1969).
* * * *Tables rondes sur la formalisation de la Cybernétique*, Cybernetica, *3*, 237–277 (1971).

Cîmpul electromagnetic ca sistem

EDM. NICOLAU

1. Generalități

Concepția sistemică s-a impus în ultimele decenii în știință și tehnică. Studiile publicate vizează însă aproape exclusiv sistemele descrise prin ecuații diferențiale ordinare, sistemele cu un număr finit de dimensiuni. Pe de altă parte în fizică în mod curent se recurge la conceptul de cîmp. Scopul prezentului studiu este introducerea concepției sistemice în studiul cîmpului, în particular a cîmpului electromagnetic.

În prima parte a studiului se fac unele precizări privind teoriile fizicii și conceptul de sistem. Se dau unele din proprietățile sale fundamentale.

În a doua parte se fac unele considerente asupra cîmpului, ca sistem. În ultima parte se trag unele concluzii valabile pentru cîmpul electromagnetic.

2. Noțiuni fundamentale privind teoriile fizicii

Orice obiect există în spațiu și timp, orice fenomen se desfășoară în timp și ocupă un anumit spațiu. În unele cazuri se poate admite că obiectele sau fenomenele au dimensiunile spațiale neglijabile — deci nu au o extensie spațială — iar proprietățile nu variază în timp. Acestea sînt însă cazuri limită, valabile, de obicei, în anumite condiții: obiect momentan în repaus; circuit electric în regim permanent, de dimensiuni mici în comparație cu lungimea de undă etc. Rezultă că studiul sistematic al oricărei clase de fenomene se poate elabora teoretic, numai după ce se dispune de cunoștințe asupra propietăților spațiului și timpului. Altfel spus, se admite că, în momentul în care elaborăm teoria respectivă, dispunem de cunoștințe

suficiente privind spațiul și timpul, aceste forme de existență ale materiei. Trebuie însă observat că o teorie fizică presupune și alte studii prealabile, cum ar fi o teorie a mărimilor fizice, completată de o altă teorie (de fapt o metateorie) privind speciile de mărimi, sistemele de dimensiuni metrologia în general. Tocmai de aceasta, în ultimul timp se acordă importanță unei concepții în care mărimile au valori (determinate experimental) ce pot fi corectate (F. Suppes).

3. Spațiu și timp

În mod curent se consideră că proprietățile spațiului sînt redate de geometrie. De la început trebuie remarcat că apare o nesimetrie. Proprietățile spațiului au fost amplu studiate, mai întîi în cadrul geometriei euclidiene, apoi în cadrul geometriilor neeuclidiene. Topologia, de asemenea, în sensul etimologic de știință a spațiului, a locului, furnizează cercetătorului informații ample. Din contră, nu există o cronologie în sensul de știință a timpului, analogă într-un sens topologiei.

Situîndu-se în domeniul abstractului, geometria descrie o organizare posibilă a spațiului, fără a se preocupa, în acest stadiu de determinarea proprietăților spațiului fizic real. Cronometria, prin însăși definiție, este o știință și o tehnică care are ca obiect măsurarea intervalelor de timp, așa cum se desfășoară el în laboratorul de cronologie.

Într-un anume sens termenul de geometrie este impropriu, etimologic ea fiind o știință a *măsurării* (inițial a pămîntului). Dar orice măsurare reală presupune operațiuni fizice, deci implică o metrologie. De exemplu, stabilim caracterul rectiliniu, al unei traiectorii reale, utilizînd procedee fizice. Tocmai de aceasta nu este completă o mecanică la care punctul de plecare este constatarea că în absența forțelor, trei puncte materiale pot fi aruncate după trei drepte perpendiculare unele pe altele. Această afirmație presupune definirea în prealabil și posibilitatea concretă de determinare experimentală a liniilor drepte și a unghiurilor drepte dintre două linii drepte concurente.

Astăzi, în sensul care ne interesează pe noi, geometria, în sens larg, este un sistem de axiome și teoreme care poate fi considerat ca un model posibil pentru spațiul real. Este esențial faptul că trecerea de la modelul abstract la realitatea concretă nu este niciodată o operație perfectă, cel puțin datorită unor

vicisitudini experimentale, dacă nu chiar a unor neglijări efectuate la nivel teoretic.

În cele ce urmează se admite caracterul euclidian tridimensional al spațiului real ; se admite, de asemenea, existența unui timp care se scurge mereu într-un singur sens.

Punctul de vedere adoptat în prezenta lucrare este următorul : în plus față de mărimile geometrice și de timp, se introduc mărimile necesare pentru descrierea unor clase de fenomene.

4. Mărimi, legi, teoreme

Din punct de vedere istoric trebuie amintit că încă din antichitate au fost definite unități de măsură și metode de măsurare pentru mărimi uzuale în practica acelor timpuri. Primul sistem coerent de unități a fost sistemul metric, adoptat de Adunarea Națională Franceză în 1791.

În 1811 Jean-Baptiste Fourier depunea la Academia de Științe din Paris manuscrisul lucrării sale „Théorie analytique de la chaleur" în care expunerea teoria mărimilor considerate din punct de vedere dimensional. Propagarea acestor idei atît de importante s-a făcut lent. Volumul lui Fourier apare abia în 1822. În 1873, J.C. Maxwell plasează problemele dimensionale într-o poziție centrală în celebrul său „Tratat de electricitate și magnetism". Tot Maxwell introduce noțiunea de formulă de dimensionare. Analiza dimensională a format obiectul a numeroase cercetări și continuă a fi investigată încă (G. Monod-Herzen, 1976 ; Edm. Nicolau, 1977).

Analiza dimensională permite să se introducă sisteme coerente de unități, dar și de mărimi primitive, noțiune definită în continuare. Putem defeni o teorie a unui domeniu ca un sistem abstract format din mărimi primitive și legi, care permit explicarea tuturor fenomenelor din domeniul considerat.

Istoria științei ne arată că în special în perioada modernă știința a progresat introducînd mai întîi mărimi caracteristice. În mecanică s-au introdus astfel conceptele de poziție, viteză, accelerație, forță, masă, impus, energie. Specific mărimii este proprietatea de a avea diferite valori. Pentru a evita introducerea unei metrici, putem afirma că o mărime poate fi comparată cu o altă mărime de aceeași specie, în sensul că mărimile unei specii formează o mulțime ordonată, adică o mulțime în care s-a definit o relație binară, tranzitivă, antisimetrică și nereflexivă.

Dacă această mulţime este notată M şi $a, b < M$, scriem $a < b$ sau $b > a$.

Trebuie observat că mărimi fizice ca masa, distanţa, timpul viteza etc., sînt de fapt *specii* de mărimi ; pentru simplificare, ele se numesc însă şi mărimi.

Precizăm că mărimile pot fi clasificate din diferite puncte de vedere.

După modul de introducere intr-o teorie, mărimile fizice se împart în mărimi primitive şi mărimi derivate ; din punctul de vedere al sistemelor de unităţi, ele se împart în mărimi fundamentale şi mărimi secundare (R. Răduleţ, 1970).

Se numesc *mărimi fizice primitive* mărimile care se introduc direct în studiu, neputînd fi definite în cadrul unei ramuri a fizicii cu ajutorul altora. Ele se introduc fie prin reprezentarea în concret a unităţii lor de măsură şi prin indicarea explicită a procedeului de măsură, fie prin legarea lor de mărimi ale ramurilor constituite în prealabil.

Se numesc mărimi fizice derivate mărimile definite într-o ramură a fizicii prin expresii analitice în care intervin numai alte mărimi ale ei — presupuse cunoscute. Observăm că o teorie fizică se poate constitui utilizînd numai mărimile ei primitive ; mărimile derivate servesc numai pentru a uşura formulăriie.

Din punctul de vedere al sistemelor de unităţi, se numesc mărimi fizice fundamentale mărimile ale căror unităţi de măsură au fost alese ca fundamentale — independente de altele — în cadrul unui sistem de unităţi de măsură.

Se numesc *mărimi fizice secundare* mărimile ale căror unităţi de măsură rezultă în mod univoc prin alegerea unităţilor de măsură fundamentale.

O *lege fizică* redă o relaţie experimentală ce există între mărimile unui domeniu al fizicii şi care nu poate fi obţinută prin raţionament din alte legi ale fizicii.

Dacă o relaţie între diferite mărimi se poate deduce teoretic din alte relaţii acceptate iniţial, ea nu este lege ci teoremă.

În general legile reflectă relaţii cantitative şi se exprimă matematic. După formularea legilor, prin raţionamente matematice se deduc teoremele domeniului considerat.

Istoria ştiinţei arată că împărţirea propoziţiilor în legi şi teoreme nu este imuabilă în timp. „Legile lui Kepler" au devenit teoreme în cadrul mecanicii cereşti newtoniene. De asemenea, mecanica newtoniană nu este astăzi decît un caz particular al mecanicii relativiste, fiind valabilă doar în domeniul vitezelor foarte mici în comparaţie cu viteza luminii în vid.

Trebuie însă să reţinem faptul că în teoria gravitaţiei einsteiniene se utilizează alt sistem conceptual ca în cazul newtonian : continuul spaţiu-timp a luat locul spaţiului euclidian şi timpului uniform etc.

Chiar şi în cadrul unei aceleiaşi teorii, se pot alege diverse moduri de exprimare a concepţiilor fundamentale, în sensul că unele teoreme pot fi postulate ca legi, adică se modifică sistemul legilor. În acest caz, vechea lege devine o teoremă în noul mod de prezentare a teoriei.

Să reţinem că teoriile în fizică sînt construcţii intelectuale care reflectă legile din realitatea fizică. Caracterul de reflectare indică şi caracterul lor de relaţii ce se pot ameliora în timp, pe baza experienţei, a practicii în sens larg.

Deoarece experienţele reale se fac întotdeauna cu un grad de precizie dat, rezultă că şi legile pot fi verificate experimental cu un grad de precizie dat. Implicit deducem că ameliorarea tehnicilor de măsurare poate duce la o formulare mai corectă a relaţiilor fundamentale dintre mărimile considerate.

5. Spaţiul

Pentru noi, spaţiul se prezintă ca un continuu, în care au loc mişcările corpurilor. Experienţa noastră, la scară umană — antroposcopică, pentru a utiliza un termen pe care-l considerăm adecvat — ne arată că, prin aceste mişcări, corpurile îşi păstrează forma şi dimensiunile.

Proprietăţile imediate pe care le acceptăm pentru spaţiu sînt : continuitatea ; omogenitatea ; izotropia ; numărul dimensiunilor spaţiului este 3.

Pentru unii cercetători, putem adăuga încă o proprietate : spaţiul este infinit. Cercetările mai moderne, linie pe care se înscriu cercetările lui Poincaré şi Bruter, pentru a menţiona numai două nume, leagă spaţiul de senzaţiile vizuale. Desigur că este o poziţie justă, dar incompletă. Cînd privim într-o direcţie, spaţiul ne apare ca nefiind omogen. Experienţa umană, legată de activitatea cotidiană, ne arată însă că spaţiul este omogen. Tot experienţa ne arată că spaţiul este tridimensional şi continuu. Menţionăm că nu toate şcolile filozofice au admis aceste postulate. Astfel, şcoala indiană Vaiseşika consideră spaţiul şi timpul ca fiind discrete. Există şi unele teorii ştiinţifice moderne (Ivanenko), conform cărora spaţiul ar fi dis-

continuu. Este interesant să arătăm că perceperea spaţiului de către om nu se face numai prin văz, ci şi prin alte simţuri. Se poate vorbi astfel de un spaţiu tactil şi de un spaţiu motor. Totalitatea senzaţiilor converg însă, în sistemul nervos, central, spre a edifica o anumită reprezentare a spaţiului, utilă în activitatea noastră.

Henri Poincaré, a acordat atenţie raporturilor dintre corpurile solide şi geometrice. Astfel, el pleacă de la observaţia că, în jurul nostru există corpuri care, atunci cînd sînt deplasate, ne apar în moduri diferite de cele iniţiale, dar care ne apar, aşa cum le vedeam iniţial, dacă efectuăm o mişcare corelativă. Acestea sînt corpurile solide. El afirmă: „dacă nu ar fi existat corpurile solide în natură, nu ar fi existat geometria". Afirmaţie discutabilă, evident.

Nu încape nici o îndoială că experienţa a jucat un rol indispensabil în geneza geometriei. Nu se poate afirma însă, nici un moment, că geometria este o ştiinţă experimentală, nici în totalitate, şi nici în parte. Pentru Poincaré geometria este ştiinţa mişcării solidelor, dar nu a solidelor naturale, ci a unor solide ideale, absolut invariabile.

Într-un anume fel, acest punct de vedere ne apare strîns legat de programul de la Erlangen, conform căruia geometriile sînt studiul invarianţilor faţă de anume grupuri de transformări. La Poincaré invarianţii mişcărilor sînt corpurile solide, iar transformările sînt mişcările posibile ale acestor solide în spaţiul considerat.

Revenind la originile geometriei, mai exact la originea unor noţiuni fundamentale, amintim studiile lui Aram Frenkian privind dreapta şi cercul — ca şi rolul postulatului la Euclid şi la geometrii moderni. Sînt puncte de vedere remarcabile şi care se datoresc acestui gînditor român.

În legătură cu originile geometriei în sens axiomatic, aşa cum apare ea la Euclid, trebuie observat că la vechii greci existau simultan două concepte diferite: spaţiul închis al universului şi geometria euclidiană în care dreptele pot fi prelungite oricît de mult dorim. Trecerea de la universul închis al anticilor, la universul infinit newtonian s-a operat tîrziu, în secolele XVI şi XVII (Al. Koyré, 1973).

Spiritul uman a construit diferite geometrii, logic consistente. Experienţa ne ghidează spre a putea utiliza pe aceea care ne pare a fi mai adecvată—în limitele experienţei antroposcopice.

Problema geometriei a fost studiată destul de amplu de Poincaré. El se referă la o serie de geometrii dezvoltate de

înaintaşi, implicit geometriile neeuclidiene şi modelele acestora. Problema modelelor apare în mod firesc cînd se încearcă o depăşire a intuiţionismului naiv euclidian, şi fixarea într-o rigoare absolută.

David Hilbert a fixat axiomele care stau la baza geometriei şi a transformat geometria într-un sistem formal. Prin aceasta însă, caracterul intuitiv al geometriei euclidiene s-a pierdut.

Numărul axiomelor implicite, introduse în demonstraţiile clasice, este mare — aşa arată cercetările lui Hilbert. Desigur, ne putem întreba dacă nu este cu putinţă să reducem acest număr. Dar, apare şi o întrebare prealabilă: este posibilă o astfel de reducere?

În acest sens, menţionăm o teoremă foarte importantă a matematicianului Sophus Lie: 1) spaţiul are n dimensiuni; 2) mişcarea unei figuri invariabile este posibilă; 3) sînt necesare p condiţii, pentru a determina poziţia acestei figuri în spaţiu. În aceste condiţii, numărul geometriilor compatibile cu premisele este limitat.

Dacă n este dat, se poate determina o limită superioară pentru p. Aceasta înseamnă că, dacă se admite posibilitatea mişcărilor unui solid nedeformabil, într-un spaţiu tridimensional, numărul geometriilor diferite între ele este finit.

În această categorie intră şi geometriile lui Riemann.

Referitor la această problemă, trebuie să precizăm că, din forma acceptată pentru metrica spaţiului, putem construi o infinitate de geometrii diferite, după modul în care variază coeficienţii g_{ij}; altfel spus, există o infinitate de moduri de a defini lungimea între două puncte vecine, fiecare mod definind o altă geometrie.

Dar, din această infinitate, numai un număr foarte mic de geometrii sînt compatibile cu mişcarea unei figuri invariabile.

Veronese şi Hilbert au imaginat geometrii numite ne-arhimediene, care pleacă de la respingerea axiomei lui Arhimede. Această axiomă afirmă că orice lungime dată, multiplicată cu un întreg suficient de mare, depăşeşte orice lungime dinainte dată, oricît de mare ar fi ea.

Pe o treaptă nearhimediană, există toate punctele geometrice ordinare, dar există o infinitate de alte puncte, care se pot intercala între ele, astfel încît între două segmente, considerate a fi continue, din vechiul punct de vedere, putem plasa o infinitate de puncte noi. Altfel spus, spaţiul nearhimedian nu mai este un continuu de ordinul doi, ci de ordinul trei.

În concluzie, proprietățile spațiului pot fi abordate din două puncte de vedere diferite: geometric și fizic. Geometric studiem proprietățile posibile ale unor spații; fizic, căutăm să stabilim, din experiență, proprietățile spațiului real.

Concepția lui Newton s-a dovedit a fi corectă pentru fenomenele ce se desfășoară la scară umană, la care vitezele nu sînt prea mari, iar distanțele nu sînt nici prea mici spre a intra în domeniul microobiectelor, nici prea mari spre a intra în domeniul cosmic.

Teoria relativității ne pune în prezența unui spațiu cu proprietăți diferite, spațiu la care conceptul de curbură joacă un rol esențial.

6. Timpul

Studiul timpului ne conduce la cîteva concluzii imediate. După cum arătam cu altă ocazie (Nicolau, 1974), plecînd de la unele ipoteze simple, se poate introduce noțiunea de „bază de timp", adică de sistem de intervale periodice, egale de timp. În acest scop se pot utiliza fenomene de naturi diverse: mecanice (pendul simplu), electrice (oscilator electronic) etc. Compararea diferitelor etaloane ne asigură de buna lor funcționare. Dar, se observă că dacă toate etaloanele își variază în același sens și cu aceeași cantitate perioadele proprii, observatorii nu pot remarca aceste schimbări în funcționarea etaloanelor. Se trece atunci la etalonarea și la compararea unor etaloane dispuse în laboratoare diferite — dar aceasta conduce la teoria relativității.

Problema poate fi privită și din alt punct de vedere, anume al comportării spațiu-timpului la distanțe foarte mari. Problema comportării asimptotice este esențială pentru cosmologie dar iese din cadrul ce ne-am propus. Problema poate fi urmărită în monografii de specialitate (F. Paul Esposito, Louis Witten etc.)

7. Teoria macroscopică a fenomenelor electromagnetice

Vom defini cîmpul electromagnetic drept un *sistem* fizic caracterizat prin mărimile de stare $\boldsymbol{E}, \boldsymbol{B}, \boldsymbol{D}, \boldsymbol{H}$; legătura dintre cîmp și corpuri se face prin intermediul mărimilor $\boldsymbol{J}$ și ρ.

Teoria macroscopică a fenomenelor electromagnetice folosește șase mărimi primitive, numite: 1 — sarcina electrică adevărată q; 2 — momentul electric $\boldsymbol{p}$; 3 — intensitatea curentului electric de conducție i; 4 — momentul magnetic $\boldsymbol{m}$; 5 — intensitatea cîmpului electric în vid $\boldsymbol{E}_v$ și 6 — inducția magnetică în vid $\boldsymbol{B}_v$. Dintre acestea, primele patru caracterizează starea electromagnetică a corpurilor, iar ultimele două caracterizează starea cîmpului electromagnetic. Sarcina electrică adevărată, momentul electric și intensitatea curentului electric de conducție sînt mărimi de stare electrică a corpurilor, iar momentul magnetic este o mărime de stare magnetică a lor. Intensitatea cîmpului electric în vid este o mărime de stare electrică a cîmpului electromagnetic, iar inducția magnetică în vid este o mărime de stare magnetică a lui. Precizăm că în teoria macroscopică a fenomenelor prin vid se înțelege o stare limită în extremă rarefiere a substanței, propusă ca fiind continuă în spațiu.

Definirea acestor mărimi se poate urmări în lucrări de specialitate (R. Răduleț, 1971).

Esențial, pentru punctul nostru de vedere, este introducerea ecuațiilor care descriu cîmpul electromagnetic.

Accesibile determinărilor ponderomotoare sînt următoarele mărimi $\boldsymbol{E}, \boldsymbol{B}, q, \boldsymbol{i}$ — dacă nu ne interesăm de polarizări. *Postulăm* că între aceste mărimi terminale, pentru sisteme în repaus, subsistă legile

$$\nabla \times \boldsymbol{E} = -\,\partial \boldsymbol{B}/\partial t, \tag{1}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \partial \boldsymbol{D}/\partial t + \boldsymbol{J}, \tag{2}$$

$$\nabla \boldsymbol{J} + \partial \rho/\partial t = 0, \tag{3}$$

unde $\boldsymbol{J}$ este densitatea curentului electric.

Prima lege corespunde legii inducției; a doua corespunde legii lui Maxwell, iar ultima exprimă legea de continuitate.

În relațiile pe care le-am postulat, apar și mărimile $\boldsymbol{H}$ și $\boldsymbol{D}$, pe care le considerăm ca *mărimi de stare*, inaccesibile observației directe. Ele se leagă de celelalte mărimi electromagnetice prin legile de material. Legile de material descriu proprietățile substanței, astfel încît să fie respectate întotdeauna legile (1)—(3).

8. Cîmpul electromagnetic ca sistem orientat

În cazul în care se admite că mărimea controlată este curentul, atunci $\boldsymbol{J}$ este mărimea de intrare, ia $\boldsymbol{E}$ și $\boldsymbol{B}$ (respectiv q) sînt mărimile de ieșire. Acesta este cazul care are loc la emisia

undelor electromagnetice. În cazul recepţiei, mărimile de intrare sînt $\boldsymbol{E}$ şi $\boldsymbol{B}$, iar mărimea de ieşire este curentul în antena de recepţie.

9. Aspecte transformaţionale la cîmpul fizic

Teoria relativităţii a studiat intensiv proprietăţile transformaţionale ale spaţiului, timpului şi mărimilor de cîmp. Redăm, după Ivanenko şi Sokolov, unele aspecte, considerate ca fundamentale, relative la proprietăţile transformaţionale ale mărimilor amintite. Cîmpul electromagnetic, ca sistem, trebuie să verifice aceste proprietăţi.

Într-un univers cvadridimensional (spaţiul-timp) trebuie să distingem legi de transformare pentru vectori şi tensori contravarianţi şi covarianţi.

Trecerea de la un gen de tensori la celălalt se realizează cu ajutorul tensorilor metrici fundmentali $g^{\mu\nu}$ şi $g_{\mu\nu}$. În cazul cînd gravitaţia lipseşte, adică în cazul unui univers plan (zis şi pseudoeuclidian) scriem

$$(g^{\mu\nu}) = (g_{\mu\nu}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Componentele spaţiale sînt notate şi cu indici latini $n (n = 1, 2,3)$, iar componenta temporală prin indicele 0. Trecerea de la vectorii covarianţi A^{μ} la cei contravarianţi A_{μ}, şi invers, sînt date de formulele

$$A^{\mu} = g^{\mu\nu} A_{\nu}, \; A_{\mu} = g_{\mu\nu} A^{\nu},$$

$$g^{\mu\nu} A_{\nu} = \sum_{\nu=0}^{3} g^{\mu\nu} A_{\nu},$$

unde $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$.

Pentru ambele genuri de vectori, componentele temporale sînt egale între ele ($A^0 = A_0$), iar cele spaţiale diferă prin semn ($A_n = - A^n$).

Produsul scalar a doi vectori, care reprezintă un invariant, este

$$A^{\nu} A_{\nu} = A_0^2 - A_1^2 - A_2^2 - A_3^2.$$

Dacă la locul coordonatei temporale $x_0 = ct$ vom introduce mărimea imaginară $x_4 = ict$ şi vom pune $A_4 = iA_0$, atunci putem să ne mărginim, de exemplu, numai la vectorii covarianţi, din care putem forma produsul scalar invariant

$$(A, A) = A_{\mu} A_{\mu} = A_4^2 + A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 = - A_0^2 + A_n A_n.$$

Se vede uşor că, în acest caz, componentele vectorilor covarianţi şi contravariante vor fi egale între ele, adică componentele tensorului metric formează o matrice unitate

$$(g^{\mu\nu}) = (g_{\mu\nu}) = (\delta_{\mu}^{\nu}).$$

Funcţiile care descriu cîmpurile şi particulele elementare trebuie să posede anumite proprietăţi de transformare, faţă de transformarea coordonatelor sau faţă de mişcările sistemelor de referinţă. În cazul teoriei relativiste este vorba de transformări în lumea cvadridimensională (spaţiu-timp). O mai mare importanţă o au invarianţii (scalarii), adică mărimile care nu se schimbă la o transfomare a sistemelor de coordonate. Conform teoriei relativităţii, ecuaţiile care descriu diferite feluri de cîmpuri şi particule nu trebuie să depindă de alegerea sistemului de referinţă şi trebuie să-şi păstreze forma lor faţă de transformările admisibile.

În cele ce urmează se redă, după Ivanenko şi Sokolov, transformările care lasă invariante ecuaţiile cîmpului şi ale particulelor.

1) Omogeneitatea spaţiu-timp duce la o invarianţă faţă de translaţia originii coordonatelor („principiul relativităţii originii de referinţă"). Toate ecuaţiile trebuie să fie diferenţiale în raport cu cele patru coordonate. Transformările prin translaţia coordonatelor se scriu sub forma unei transformări liniare omogene

$$x'_a = x_a + \alpha_a, \quad a = \overline{1, 4}.$$

Pentru transformări infinitezimale avem

$$\delta x'_a = \delta x_a.$$

2) Izotropia spaţiului tridimensional („principiul relativităţii direcţiilor") duce la o invarianţă faţă de rotaţiile spaţiale tridimensionale.

Transformările ortogonale liniare corespunzătoare ale coordonatelor au forma

$$x'_r = a_{rs}x_s,$$

sau pentru transformări infinitezimale

$$\delta x'_r = \delta a_{rs}x_s.$$

Tensorul δa_{rs} caracterizează rotația infinitezimală și este antisimetric $\delta a_{rs} = -\delta a_{sr}$.

Din considerații geometrice intuitive, rezultă că distanța (sau pătratul distanței) dintre două puncte, rămîne invariantă, adică

$$r^2 = r'^2.$$

3) „Principiul relativității mișcărilor uniforme și rectilinii" sau „principiul relativității restrînse" (uneori, pentru prescurtare, se spune simplu „principiul relativității"), stabilit în 1905 de către Einstein și Poincaré pe baza lucrărilor lui Lorentz, afirmă echivalența tuturor sistemelor de referință, care se mișcă rectiliniu și uniform unul față de altul. Principiul relativității cere includerea unei a patra coordonate, adică a timpului tratat matematic la fel ca și cele trei coordonate spațiale (x, y, z) și duce la invarianța tuturor ecuațiilor față de așa-numitele transformări Lorentz. Din punct de vedere formal acestea se reduc la rotații în planurile (x, t), (y, t), (z, t) și exprimă trecerea de la un sistem inerțial de referință la un altul. În acest caz, rămîne invariant intervalul (sau pătratul distanței) dintre două puncte în universul cvadridimensional.
De exemplu

$$c^2t^2 - r^2 = c^2t'^2 - r'^2.$$

Formula generală a transformărilor cvadridimensionale are aceeași formă a transformărilor ortogonale liniare, ca și în cazul tridimensional, dacă vom subînțelege că indicii coordonatelor parcurg patru valori în loc de trei :

$$x'_\mu = a_{\mu\nu}x_\nu, \quad \mu = \overline{1, 4}$$

(sau pentru tranformări infinit esimale $\delta x'_\mu = \delta a_{\mu\nu}x_\nu$, unde $\delta a_{\mu\nu}$, este un tensor de ordinul doi antisimetric cvadridimensional, infinit mic, care determină rotația respectivă). Transformările Lorentz se reduc la o rotație a sistemului de coordonate în planul x_1, $x_4 = ict$. Cu alte cuvinte, în cazul trecerii de la un sistem inerțial la un altul care este în mișcare relativă cu viteza $v = \beta c$ de-a lungul axei x_1, subsistă următoarele formule :

$$x'_1 = (x_1 + i\beta x_4)/k, \quad x'_2 = x_2, \quad x'_3 = x_3,$$

$$x'_4 = (x_4 - i\beta x_1)/k,$$

unde $k = (1 - \beta^2)^{1/2}$.

În acest caz particular, matricea transformărilor Lorentz are forma

$$a_{\mu\nu} = \begin{vmatrix} 1/k & 0 & 0 & i\beta/k \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -i\beta/k & 0 & 0 & 1/k \end{vmatrix}.$$

Pentru viteze mici, transformările Lorentz devin transformări galileene, pentru care timpul rămîne neschimbat

$$x'_1 = x_1 + i\beta x_4, \quad x'_4 = x_4; \text{ sau } x' = x - vt, \quad t' = t.$$

4) Posibilitatea de a alege un sistem de coordonate drept sau sting, ca și simetria în raport cu trecutul și viitorul duc la invarianța față de oglindiri ale axelor de coordonate (inversiuni) și de asemenea la invarianța față de inversiunea timpului. Aceste transformări se scriu sub forma

$$x'_i = -x_i, \quad i = \overline{1, 4}.$$

5) Cinematica cîmpurilor și particulelor elementare se poate pune sub forma covariantă — scriindu-le sub formă tensorială cu ajutorul componentelor tensorului metric $g_{\mu\nu}$. Formulele de transformare ale coordonatelor vor avea, în acest caz, forma ($x = x_1$, $y = x_2$, $z = x_3$, $ict = x_4$)

$$dx'^\mu = a^\mu_\nu dx^\nu \quad (\mu, \nu = \overline{1, 4}),$$

unde

$$a^\mu_\nu = \partial x'^\mu / \partial x^\nu,$$

sînt funcţii de punct şi nu constante, ca în cazurile anterioare din § 2 şi 3. Şi în acest caz, „intervalul" sau pătratul distanţei infinit mici dintre două puncte rămîne invariant, distanţa elementară are acum forma

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu.$$

6) Ecuaţiile cîmpului nu sînt, în general, invariante faţă de transformări conforme, care păstrează neschimbată ecuaţia conului luminos : $c^2t^2 - r^2 = 0$.

7) Ţinînd seama de posibilitatea alegerii arbitrare a originii de referinţă a potenţialelor electromagnetice, ajungem la condiţia de invarianţă a ecuaţiilor electromagnetice şi a ecuaţiilor tuturor celorlalte particule care interacţionează cu acest cîmp, faţă de transformările „de etalonare" ale potenţialelor :

$$A'_\mu = A + \partial f/\partial x_\mu \quad \text{sau} \quad A' = A + \text{grad}\, f;$$

$$\varphi' = \varphi - (1/c)\partial f/\partial t,$$

unde f este o funcţie scalară de cele patru coordonate. De aceea, potenţialele electromagnetice nu pot intra explicit în ecuaţiile lui Maxwell, care, în conformitate cu cele de mai sus, conţin numai derivate ale acestor potenţiale.

Este important să amintim teorema lui Noether : invarianţei ecuaţiilor care descriu un cîmp oarecare (şi prin urmare, invariaţiei langrangeanului sau a integralei variaţionale a acţiunii respective), faţă de fiecare grup continuu de transformări în parte, îi corespunde o lege specială de conservare. De exemplu, din invarianţa tuturor ecuaţiilor faţă de translaţia originii celor trei coordonate spaţiale şi a originii timpului (pct. 1) rezultă legile universale de conservare a celor trei componente ale cantităţii de mişcare şi a energiei (în total patru legi). Invarianţa tuturor ecuaţiilor faţă de rotaţii în spaţiu (pct. 2) duce la legea universală a conservării momentului cantităţii de mişcare (trei legi de conservare). Invarianţa tuturor ecuaţiilor faţă de transformările Lorentz, adică faţă de rotaţiile în planurile xt, yt, zt, duce la legea generalizată de conservare a mişcării centrului de greutate — trei legi de conservare. Cele 10 legi fundamentale de conservare arătate, corespund unei invarianţe universale faţă de un grup de transformări continue, infinitezimale.

În cele ce urmează vom aplica limbajul sistemelor dinamice la studiul cîmpurilor fizice. Cîmpul dinamic de care ne ocupăm este o entitate fizică a cărei evoluţie în timp este dată de ecuaţia $q = f(p, t)$, unde q şi p sînt domenii închise din $\mathbb{R}^3$, iar t este scalarul timp, $t \in \mathbb{R}$. Notăm cu P mulţimea tuturor domeniilor închise care satisfac anumite condiţii de regularitate spre a putea fi suprafeţe de undă. Nu specificăm acum aceste condiţii.

În P definim o metrică

$$d(p, q) = \sup_{x\in p, y\in q} d(x, y),$$

unde $d(x, y)$ este metrica euclidiană între punctele x şi y din $\mathbb{R}^3$. Să arătăm că, într-adevăr d defineşte o metrică în P.

Se verifică imediat că $d(p, q)$ este nulă numai atunci cînd p şi q coincid, adică $p = q$.

$d(p, q) = d(q, p)$, avînd in vedere că distaţa euclidiană dintre x şi y are această proprietate.

Proprietatea triunghiului rezultă din următoarele considerente

$$d(p, r) + d(r, q) = d(p, r) + d(q, r) = \sup d(x, z) +$$
$$+ \sup d(y, z) \geqslant \sup d(x, y).$$

Cîmpul dinamic satisface următoarele trei condiţii :

1.— $f(p, 0) = p$, $\forall p \in P$

2.— Continuitatea în raport cu ambele argumente :

a)— $\lim\limits_{\substack{p\to p_0\\ t\to t_0}} f(t, p) = f(p_0, t_0)$;

b)— pentru fiecare şir arbitrar $\{p_n\}$ la care p_n tinde către p_0, p_n şi p_0 aparţinînd lui P, şi pentru orice şir $\{t_n\}$ avînd ca limită t_0, şirul $\{f(p_n, t_n)\}$ aparţine spaţiului P şi are ca limită $f(p_0, t_0)$;

c)— pentru orice $\varepsilon > 0$ există $\delta > 0$, şi $\eta > 0$, astfel că

$$d(p, p_0) < \delta \;\&\; |t - t_0| < \eta \Rightarrow d\,(f(p, t), f(p_0, t_0)) < \varepsilon.$$

3. Proprietatea grupală :

$$f(f(p, t_1), t_2) = f(p, t_1 + t_2)\ \forall p \in P,\ \forall t_1, t_2 \in \mathbb{R}.$$

Interpretarea fizică a acestei relaţii este următoarea: suprafaţa de undă care la momentul iniţial delimita pe p la momentul t_1, devine noul domeniu $q = f(t, p)$; considerînd pe q ca nouă domeniu iniţial, după un timp t_2 el va deveni $r = f(q, t_2)$, adică $f(f(p, t_1), t_2) = f(p, t_1 + t_2)$.

TEOREMĂ. *Mulţimea P, în raport cu transformarea $f(p, t)$ este organizată ca grup.*

Demonstraţie. Operaţia f este peste tot definită:

$$f(p, t) \in P, \forall p \in P, \forall t \in \mathbb{R}.$$

Transformarea f este o operaţie internă: dacă $p \in P$, atunci $f(p, t) \in P$, $\forall t \in \mathbb{R}$.

Transformările f sînt asociative în raport cu t, deoarece se poate scrie întotdeauna

$$t_1 + (t_2 + t_3) = (t_1 + t_2) + t_3.$$

Există un element neutru, $t = 0$

$$f(p, 0) = p.$$

Pentru fiecare transformare caracterizată printr-un t, există un simetric, adică o transformare care readuce suprafaţa la starea iniţială şi aceasta este transformarea caracterizată prin $-t$

$$f(f(p, t), -t) = f(p, t - t) = f(p, 0) = p.$$

11. Clasificarea temporală a cîmpurilor

Fie un cîmp dat de transformarea $q = f(p, t)$. Sînt posibile trei situaţii, definite în cele ce urmează.

1. $f(p, t) = p$, $\forall t$. Un astfel de cîmp se numeşte staţionar. Din punct de vedere fizic el apare într-un regim staţionar, invariant în timp, p extinzîndu-se la întregul spaţiu $\mathbb{R}^3$ în cazul mediilor omogene, sau numai la un domeniu finit, delimitat de regiuni în care constantele macroscopice au alte valori ca în domeniul în care e definit p.

2. $f(p, t) \neq p$, dar există două valori ale lui t, fie ele t' şi t'', astfel încît $f(p, t') = f(p, t'')$; admitem că $t'' > t'$, mai exact $t'' - t' = T > 0$.

Ţinînd seama de proprietăţile transformării f, se poate scrie

$$f(p, t + T) = f(p, t + t'' - t') = f(f(p, t''), t - t') =$$
$$= f(f(p, t'), t - t') = f(p, t),$$

şi aceasta oricare ar fi t.

De asemenea, scriem

$$f(p, t + nT) = f(f(p, t + T), (n-1)T) = f(f(p, t), (n-1)T) =$$
$$= f(p, t + (n-1)T),$$

ceea ce arată că în condiţiile în care $f(p, t') = f(p, t'')$, f este periodică, de perioadă T.

Această situaţie se întîlneşte în practică în cazul regimului periodic în timp, de perioadă T, fie într-un domeniu finit (cavitate rezonantă), fie în întregul spaţiu sau într-o parte a sa. Nu corespunde însă regimului tranzitoriu, respectiv undelor de şoc. Este convenabil ca în aceste cazuri să considerăm transformarea spaţiului $\mathbb{R}^3$ în el însuşi — adică p este un domeniu tridimensional.

12. Principii generale valabile la cîmpuri fizice

Pentru orice tip de cîmp fizic este necesar să admitem anumite principii generale, cum ar fi cauzalitatea şi consistenţa temporală, noţiuni definite şi pentru sistemele concentrate. Dar, este necesar să se admită încă două principii specifice sistemelor cu parametri distribuiţi spaţial.

P.1'. *Principiul acţiunii din aproape în aproape.* O mărime de intrare care acţionează în momentul t_0 în domeniul p produce un efect (mărimi de ieşire) la momentul $t > t_0$ în domeniul q numai dacă există o transformare continuă care să permită trecerea de la p la q, de forma $s = f(r, t)$, unde p, q, r şi s sînt domenii în $\mathbb{R}^3$, iar f reflectă legile specifice domeniului fizicii de care ne ocupăm. În plus, $p = f(p, 0)$, $q = f(p, t_1)$ iar $r = f(p, t')$ şi $s = (f(p, t''), t', t'' \in (0, t_1), t'' > t'$.

Aceasta presupune că între p şi q există un domeniu continuu, în care mărimea caracteristică specifică fenomenului

considerat se poate propaga, atingînd pe rînd toate punctele domeniului Ω.

P 1'. *Principiul acțiunii din aproape în aproape.* (formulare echivalentă). Dacă la momentul t mărimile caracteristice unui cîmp fizic se află delimitate în domeniul p, atunci oricare ar fi numărul pozitiv ε există un număr δ astfel ca domeniul q, corespunzător momentului t' să satisfacă relațiile :

$$q = f(p,t'),\ d(p,\ q) < \varepsilon \quad (t' - t) < \delta.$$

P.2. *Principiul lui Huygens.* Fie o mărime de intrare care acționează în p la momentul t_0 și produce la momentul $t > t_0$ o modificare a mărimilor caracteristice pe o suprafață $\Sigma = \partial\ \Omega$, $M \in \Omega$. Pentru a determina mărimile de cîmp pe o suprafață Σ', la un moment $t' > t$, $\Sigma' > \Sigma$, este suficient să cunoaștem mărimile caracteristice și derivatele lor, în t, pe Σ.

P 3. *Principiul de finitudine.* Viteza cu care se propagă orice cîmp fizic este finită. Mărimea de intrare care acționează în $M(t_0)$ la momentul t_0 nu poate atinge în momentul $t > t_0$, decît cel mult punctele unei sfere de rază, R, cu centrul în M, unde

$$R = w(t - t_0),$$

w fiind viteza maximă de propagare a mărimii caracteristice în mediul considerat. În sistemele fizice reale, dacă urmărim propagarea energiei, atunci întotdeauna $w < c$, unde c este viteza luminii în vid.

P 4. *Principii de conservare* (invarianță). Cîmpul fizic este descris de o mulțime de mărimi caracteristice care sînt legate între ele prin legi astfel încît să fie respectat principiul conservării energiei și principiul conservării impulsului.

Amintim, din punct de vedere istoric, că teorema conservării energiei elastice a fost descoperită de Umov, iar teorema conservării energiei electromagnetice de către Poynting.

În cazul cîmpului electromagnetic densitatea superficială de putere este $\boldsymbol{S} = \boldsymbol{E} \times \boldsymbol{H}$, iar densitatea volumică de impuls $\boldsymbol{g} = \boldsymbol{D} \times \boldsymbol{B}$.

13. Matrice constitutive

Ideea reducerii numărului de ecuații care descriu cîmpul electromagnetic, a fost mai de mult timp formulată (Nicolau, 1954). Se arăta, anume, posibilitatea ca pentru medii omogene

și izotrope, cele patru ecuații vectoriale să fie reduse la o singură ecuație tensorială

$$\operatorname{div} N = \boldsymbol{J}'.$$

$\boldsymbol{J}'$ fiind un cvadrivector, iar N un tensor antisimetric, componentele sale fiind o combinație liniară de $\boldsymbol{E}$ și $c\boldsymbol{B}$ — sau de alte mărimi proporționale cu acestea.

În ultimul timp ideea a fost mult dezvoltată sub forma așa-numitelor matrice constitutive (Kong, 1975). În această metodă se pleacă de la relațiile constitutive

$$c\boldsymbol{D} = P\boldsymbol{E} + L\,c\boldsymbol{B},\quad \boldsymbol{H} = M\boldsymbol{E} + Q\,c\boldsymbol{B},$$

unde P, Q, L și M sînt matrice 3×3, elementele lor fiind numite parametrii constitutivi. Se observă că relațiile anterioare pot fi scrise sub forma concentrată

$$[c\boldsymbol{D},\ \boldsymbol{H}]' = C[\boldsymbol{E}, c\boldsymbol{B}]',$$

unde „'" înseamnă transpunerea matricei. Matricea C este

$$C = \begin{bmatrix} P & L \\ M & Q \end{bmatrix}$$

și are dimensiunile unei admitanțe. Matricea C poate fi de diferite tipuri : omogenă sau neomogenă, staționară sau nestaționară ; dispersivă în timp dacă elementele ei depind de derivate temporare ; dispersivă în spațiu dacă depinde de derivate spațiale ; neliniară, dacă depinde de cîmpul electromagnetic etc.

Scriem

$$[\boldsymbol{D},\ \boldsymbol{B}]' = C_{EH}[\boldsymbol{E},\ \boldsymbol{H}]',\ C_{EH} = [e],$$

$$[E,\ H]' = C_{DB}[D,\ B]',\ C_{DB} = [d].$$

Notăm cu e_{ij} și d_{ij} elementele celor două matrice :

$$ce_{11} = c\varepsilon = P - LQ^{-1}M,\quad ce_{12} = c\xi = LQ^{-1},$$

$$ce_{21} = c\zeta = -Q^{-1}M,\quad ce_{22} = c\mu = Q^{-1},$$

$$d_{11}/c = k/c = P^{-1},\quad d_{12}/c = \chi/c = -P^{-1}L,$$

$$d_{21}/c = \gamma/c = MP^{-1},\quad d_{22}/c = \nu/c = Q - M\,P^{-1}L.$$

Cu aceste notații se exprimă comod diferite proprietăți ale mediului. Astfel dacă mediul este fără pierderi.

$$k = k^+, \quad \nu = \nu^+, \quad \chi = \gamma^+,$$

unde prin exponentul „+" se marchează transpunerea și luarea conjugatei complexe. Dacă mediul este nedispersiv, parametrii constitutivi sînt reali și

$$P = P', \; Q = Q', \; M = -L'.$$

Dacă L și M nu sînt identic nule, mediul este bianizotropic; dacă $L = M = O$, mediul este anizotropic. Dacă, în aceste condiții $P = c\varepsilon I$ și $Q = (1/c\mu)I$, mediul este izotropic.

La materialele magnetoelectrice, subsistă următoarele relații:

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E} + \zeta \boldsymbol{H} \qquad \boldsymbol{B} = \zeta \boldsymbol{E} + \mu \boldsymbol{H}$$

unde $\varepsilon_{ij} = a_{ij}\delta_{ij}$, $\zeta_{ij} = b_{ij}\delta_{ij}$, $\mu_{ij} = c_{ij}\delta_{ij}$, δ_{ij} fiind simbolul lui Kronecker: $\delta_{ii} = 1$, $\delta_{ij} = 0$, $i \neq j$. La materialele considerate avem $a_{11} = a_{22} = \varepsilon$; $b_{11} = b_{22} = \xi$; $c_{11} = c_{22} = \mu$. Aceste materiale, prevăzute teoretic de Dzyaloșinskii ca și de Landau și Lifșiț, au fost observate experimental.

Tellegen a considerat un mediu la care subsistă relațiile de la mediile magnetoelectrice, dar la care toate cele patru matrice de material se reduc la scalari reali, postulînd deci că și $\varepsilon_z = \varepsilon$ etc. Astfel de medii se numesc și biizotropice; pentru ele și pentru unele cazuri mai generale, s-au stabilit unele relații (Nicolau, 1978).

14. Cîmpul electromagnetic și teoria relativității

Teoria relativității utilizează în mod sistematic grupul de transformări Lorentz și deși ea adesea este prezentată în primul rînd ca o teorie mecanică, de fapt a plecat de la studiul teoriei maxwelliene a cîmpului, așa cum arată și memoriul fundamental al lui Einstein.

Se poate demonstra că teoria relativității are o implicare mai profundă în teoria cîmpului electromagnetic, decît se obișnuiește a se condisera. Astfel, plecînd numai de la legea lui

Coulomb privind interacțiunea corpurilor cu sarcini electrice și de la teoria restrînsă a relativității, se pot deduce legile cîmpului electromagnetic. Plecînd de la legea lui Coulomb, prin definiție, forța ce acționează asupra unei sarcini q, în repaus, într-un cîmp electrostatic este dată de relația

$$\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{E}.$$

Din teorema lui Gauss se deduce o relație între fluxul lui $\boldsymbol{E}$ printr-o suprafață închisă și sarcina totală din domeniul delimitat de suprafața considerată

$$\int \boldsymbol{E n} \, da = (1/\varepsilon_0) \, Q.$$

Pentru a stabili legile de transformare ale cîmpului electromagnetic în cazul sistemelor în mișcare, să considerăm un condensator plan, cu plăci infinite, avînd pe cele două plăci densitățile de sarcină σ' și $-\sigma'$ și în interior un cîmp $E' = \sigma/\varepsilon_0$. Același fenomen este considerat de doi observatori: unul în repaus față de condensator, celălalt avînd viteza uniformă v. Densitățile de sarcină sînt aceleași pentru cei doi observatori, dar datorită contracției Lorentz-Fitzgerald, pentru cei doi observatori distanța între plăci este diferită, deci și cîmpul din interiorul condensatorului are valori diferite. Se poate arăta că dacă se notează cu E' cîmpul dat de sarcini în repaus față de S', avem

$$E_{||} = E'_{||}, \; E_{\perp} = \gamma E'_{\perp}, \; \gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}.$$

Dacă admitem că proprietățile cîmpului sînt independente de dispoziția particulară a sarcinilor, atunci putem considera formulele stabilite pentru transformarea componentelor lui E', ca fiind general valabile. Aplicăm rezultatele cîmpului produs de o sarcină punctuală Q, ce se mișcă de-a lungul axei Ox, cu viteza uniformă v. Considerînd cîmpul în cele două referențiale. Se ajunge la concluzia că sîntem în prezența unui cîmp radial, dar la care intensitatea nu este proporțională în mod simplu cu $(1/r^2)$. Dacă se notează $x = r \cos \theta$ și $y = r \sin \theta$, se determină

$$E_r = AQ/r^2, \; A = B/4, \; B = C/D, \; C = 1 - (v/c)^2.$$
$$D = 1 - (v^2 \sin^2 \theta / c^2)^{3/2}, \; E_\theta = 0.$$

În ceea ce privește forța exercitată asupra sarcinii în mișcare, se demonstrează că subsistă, în continuare, relația

$$\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{E}.$$

Pentru a studia cîmpul magnetic, se consideră forța ce se manifestă între două sarcini în mișcare. Mai exact, se consideră o serie de sarcini punctuale, identice, dispuse regulat de-a lungul axei x, astfel încît densitatea de sarcină pe această axă este λ. Ținînd seama de contracția relativistă în laboratorul în mișcare uniformă apare o densitate λ_1 și un curent I_1

$$\lambda_1 = \gamma\lambda, \; I_1 = v\lambda_1.$$

Se calculează forța în laboratorul menționat. Pentru exprimarea ei este convenabil a introduce două constante

$$\mu_0 = 1/c^2\varepsilon_0, \; B_1 = \mu_0 I_1/2\pi d,$$

d fiind distanța de la axa x, la punctul în care se află sarcina punctuală , ce se mișcă cu viteza u paralel cu sarcinile de pe Ox. Se poate arăta (C. Kacser), că forța ce acționează asupra lui q este

$$\boldsymbol{F}_1 = q(\boldsymbol{E}_1 + \boldsymbol{u}\times\boldsymbol{B}_1),$$

admițînd cu $\boldsymbol{B}_1$ este tangent la cercuri ce înconjură pe I_1, în sensul acelor unui ceasornic.
Desigur că această experiență mentală nu justifică valoarea generală a relației ce dă forța $\boldsymbol{F}_1$, dar ea demonstrează că pentru sarcinile in mișcare, termenul qE nu reprezintă decît o parte a forțelor ce acționează asupra corpului în mișcare, avînd sarcina q. O demonstrație mai completă poate fi urmărită în literatură (Purcell).

15. Considerente finale

Cîmpul electromagnetic ne apare ca un sistem fizic ce a permis pătrunderea unor legi profunde ale universului. Ecuațiile lui Maxwell reprezintă un sistem consistent, care eventual poate fi redus ca număr de ecuații. Teoria electromagnetismului sub forma dată de Mawxell a permis dezvoltarea teoriei relativității. Încercările de a modifica liniar sau neliniar aceste ecuații nu au condus la rezultate care să fie omologate de știință. Teoria cîmpului electromagnetic, elaborată de J.C. Maxwell a permis atît realizarea unei importante sinteze prin unificarea unor domenii ale fizicii anterior considerate diferite, dar a reușit în același timp să ne dea o informație bogată despre structura spațiului și timpului. Este posibil ca tratarea asimptotică a sistemului constituit de cîmpul electromagnetic să completeze datele de care dispunem cu privire la legile universului, la formele de existență ale materiei.

BIBLIOGRAFIE

C. P. Bruter, *Le fait et la formule*, Université de Brest, 1976.

F. L. Esposito, L. Witten (eds.), *Asymptotic structure of space-time*, Plenum Press, New York, London, 1977.

A. Frenkian, *Le postulat chez Euclid et chez les modernes*, Paris, Librairie philosophique J. Vrin, 1940.

D. Ivanenko, A. Sokolov, *Teoria clasică a cîmpului*, Edit. tehnică, București, 1955.

Cl. Kacser, *Introduction to the special theory of relativity*, Prentince-Hall Englewood Cliffs, N. J., 1967.

Al. Koyré, *Du monde clos à l'univers infini*, Gallimard, Paris, 1973.

J. A. Kong, *Theory of electromagnetic waves*, John Wiley, New York, 1975.

M. B. Menskii, *Metod induțirovanih predstavlenii : prostranstvovremia i konțepția ceastiț*, Izd. Nauka, Moskva, 1976.

G. Monod-Herzen, *L'analyse dimensionnelle et l'épistémologie*, Maloine-Doin, Paris, 1976.

Edm. Nicolau, *Transcrierea tensorial complexă a ecuațiilor lui Maxwell*, în Comunicările Academiei R.P.R., IV, *11–12*, 613–619 (1954).

Edm. Nicolau, *Propagarea undelor electromagnetice*, Edit. Academiei, București, 1960.

Edm. Nicolau, *Cîmpuri și unde electromagnetice*, Edit. Academiei, București, 1972.

Edm. Nicolau, *Radiația electromagnetică*, Edit. Academiei, București, 1973.

Edm. Nicolau, *Introducere în electromagnetismul teoretic modern*, Edit. Academiei, București, 1974.

Edm. Nicolau, *Dinamica unor concepte științifice fundamentale*, Forum, *10*, 77–81 (1974).

Edm. Nicolau, *Atribute fundamentale și particulare în științe, din perspectiva logicii lor interne*, Forum, *12*, 54–99 (1974).

Edm. Nicolau, *Metodologie și cunoaștere științifică*, Forum, *2*, 78–82 (1975).

Edm. Nicolau, *Analogie, modelare, simulare cibernetică*, Edit. științifică și enciclopedică, București, 1977.

Edm. Nicolau, *Antene și propagare — complemente*, Institutul politehnic București, 1978.

6 — c. 1774

H. POINCARÉ, *Science et Méthode*, Paris, Flammarion, 1912.
H. POINCARÉ, *Des fondements de la géométrie*, Paris, Chiron, 1925.
H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris, 1935.
EDM. M. PURCELL, *Electricity and magnetism*, Berbeley Physics Course, vol. 2, McGraw-Hill, New York, 1965.
R. RĂDULEȚ, *Bazele electrotehnicii. Probleme I*, Edit. didactică și pedagogică, București, 1970.
R. RĂDULEȚ, AL. TIMOTIN, A. ȚUGULEA, *O teorie de cîmp structurală a unei clase de sisteme lineare*, în *Cercetările multidisciplinare și interdisciplinare*, Edit. Academiei, 33, 1972.
K. S. SIBIRSKI, *Vvedenie v topologiceskuiu dinamiku*, Izd. Akad. Nauk, Moldavskoi SSR, Kișinev, 1970.

• Vidul și sistemicitatea fizică

N. IONESCU-PALLAS și L. SOFONEA

„Natura abhorret vaccuum?"

I. VIDUL ȘI FENOMENELE COSMOLOGICE

1.) Inerțialitatea și fondul cosmologic universal

Considerînd inerțialitatea ca proprietatea mecanică fundamentală și exprimînd-o prin invarianții euclidieni ai configurației, printr-o metodologie care are ca termen de referire clasic linia newtoniană-d'alembertiană și formalizarea legilor de mișcare prin invariantul cartanian ($\omega_a = p\mathrm{d}r - E\,\mathrm{d}t$) se intemeiază (Octav Onicescu [1]), se aplică și se dezbate (N. Ionescu-Pallas, L. Sofonea [2] [3]) „mecanica invariantivă".

Teoria fundamentală pe concepte mecanice primare (ne-electromagnetice) obține rezultate noi care diferă de cele specifice gîndirii mecanicii clasice newtoniene (unele dintre concluziile obținute au fost testate experimental în istoricul proces de fundamentare și validare a mecanicii relativiste [4]).

a) Aplicată pentru punctul material liber, teoria obține legea variației masei cu viteza $m = m_0\,(1-\beta^2)^{-1/2}$, relația energie-masă ($E = mc^2$), relația energie impuls $E^2 = c^2\,p^2 + m_0^2\,c^4$, transformările Lorentz-Poincaré ($(x') = L(x)$).

b) Aplicată pentru agregate, teoria interpretează efectul de expansiune (constatat de Hubble la scară supra-galactică) considerîndu-l o manifestare repulsivă a inerțialității [1, 2].

c) Teoria posedă o eficace schemă de cîmp modelată de inerțialitate (trecerea de la descrierea în termeni mecanici la descrierea în termeni de cîmp [3]).

d) Teoria, eminamente clasică, are raporturi de corespondentă normale, necontradictorii, cu mecanica cuantică [4].

e) Teoria introduce o constantă cinematică fundamentală cu statut de viteză limită; valoarea ei coincide (printr-un postulat de pură concretizare) cu valoarea vitezei luminii în vid.

Introducerea constantei se face din motive determinate de necesități generale (mecanice, de inerțialitate ; de omogenitate dimensională), iar nu prin referire la lumină (care constituie, atît mecanic cît și sub aspect fizic mai complex, o situație specială ; regim permanent de mișcare ; interacție avînd o natură specificată, electromagnetică). Teoria obține, alături de mase care cresc cu viteza și „mase " (coeficienți de inerție) care scad cu viteza.

f) Teoria obține alături de cîmpuri care depind de $(t \pm \pm R/c)$ (care se propagă) și „cîmpuri" care depind de $(t \pm iR/c)$ (care nu se „desprind").

Teoria descrie situații cotate ca efectiv existente dar și situații speciale ; considerate în sine ele pot fi : fizic-existente, nefizice, fizic-inexistente, (nu și non-fizice, căci ele nu introduc contradicții în teorie deoarece nu exclud situațiile recunoscute ca fizice, cu care coexistă). Principiile fizice (admise) ale teoriei (în esență manifestările exterioare ale inerțialității) nu pot decide asupra statutului ontologic al acestor situații ; ele sînt cvasi-fizice (irelevante). Demersul cognitiv, depășind această teorie (fără a apela la alta : adiacentă, complementară), poate lua mai multe atitudini.

a) Situațiile pot fi excluse prin inducția indicațiilor experiențelor realizate (extrapolare). Ele sînt considerate, în acest caz, ca aspecte pur formale : li se atribuie un caracter exterior, superfluu, față de fondul autentificat al teoriei (similar cu soluțiile suplimentare, străine, ale unei ecuații iraționale apărute prin ridicarea la pătrat). Această „alienare" nu compromite însă fondul informațional transmis (care conține elemente noi : redundanțele necesare înțelegerii mesajului și menționatele elemente prisositoare) fond din care concluziile pot fi necontradictoriu detașate.

Prin această luare de poziție nu se infirmă consistența teoriei, ci se exprimă numai insuficiența economiei de gîndire (care se manifestă nu în setul de premise ci în concluzii) : atitudine computațional-empiristă.

b) Situațiile pot fi admise ca posibile (chiar plauzibile) prin inducția adecvării și coerenței teoriei (extrapolare), dar nu au fost încă detectate și interpretate (atitudine teoretico-empiristă).

c) Situațiile pot fi admise ca posibile (chiar plauzilbile) prin inducția adecvării și coerenței teoretizării, dar care nu au putut fi relevate și nici nu pot fi relevate decît într-un alt stadiu

de dezvoltare a teoriei și mijloacelor de detecție (atitudine teoretico-speculativă).

Inerțialitatea obiectelor mecanice (exteriorizată geometric prin simplitatea configurației, redată prin invarianții euclidieni : mecanica invariantivă), sugerează astfel existența unor „tensiuni în vidul material" (vidul fizic : concretizat prin „fondul universal"). Energia (dinamicitatea : capacitatea de mișcare) acestui mediu este „legată" iar nu „liberă" (degajarea ei ar dezagrega întregul ansamblu : adică universul reprezentărilor extrapolate ale acestei mecanici). Inerțialitatea obiectelor mecanice al cărei aspect metric este masa $(m \neq 0)$ ar putea să-și aibă originea în existența acestui fond universal cu capacități de „reținere" : obiectele mecanice sînt legate de acest mediu, ele nu pot executa orice fel de mișcare, masele comportîndu-se ca niște „stări de excitație" („pic-uri" : „structuralizări") ale acestui fond.

Inerțialitatea obiectelor mecanice nu epuizează dinamicitatea (asamblarea fizică), ci exprimă numai un aspect elementar (pur) al ei, care însă, deși primar, are o funcționalitate complexă (autentic fizică, opusă non-fizicului ca și cvasi-fizicului).

a) Inerțialitatea are un aspect negativ (pasiv) : inerția variației de la sine a regimului de mișcare (repausul nu poate fi părăsit „spontan" ; modificarea direcției și a vitezei nu pot fie realizate „spontan" ieșirea din regim inerțial este produsă de interacție).

b) Inerțialitatea are un aspect pozitiv (activ) : prezervarea regimului de mișcare (a unității lucrurilor).

Inerțialitatea își exercită în permanență ambele funcțiuni : ea nu sporește variabilitatea universului fizic, dar îi asigură consistența. Coexistența inerțialității (proprietate exprimată cantitativ prin masă $m > 0$), cu cea a electricității (proprietate exprimată cantitativ prin sarcină $e = \pm, 0$) într-un ipotetic fond material exprimă direct, primar, unitaritatea : suportul material, vizualizat, al mult căutatei teorii unitare.

2. Fondul cosmologic

Se consideră un model de Univers (în sens cosmologic) al cărui regim dinamic este determinat prin ecuațiile tensoriale cunoscute

$$\mathcal{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\, g_{\mu\nu}\mathcal{R} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{-8\pi G}{c^2}\, \mathcal{T}_{\mu\nu}\ (\mu,\ \nu = 1, 2, 3, 4) \quad (1)$$

($g_{\mu\nu}$ — tensorul metric simetric; $\mathcal{R}_{\mu\nu}$ — tensorul riemanian Λ = constanta cosmologică; G — constanta gravitațională; $\mathcal{T}_{\mu\nu}$ — tensorul materiei [5, 6]). Sursele (exprimate prin $\mathcal{T}_{\mu\nu}$) sînt presupuse legate de 4 — viteza u_μ, de densitate $\rho > 0$ și presiune $p > 0$ prin

$$\mathcal{T}_{\mu\nu} = \rho u_\mu u_\nu + \frac{p}{c^2}(u_\mu u_\nu - g_{\mu\nu}). \qquad (2)$$

Metrica Universului cosmologic este considerată de tip Welker-Robertson [7]

$$dS^2 = c^2 dt^2 - \frac{[\mathcal{R}(t)_c t_0]^2}{\left(1 + \frac{1}{4} Z \frac{r^2}{c^2 t_0^2}\right)^2}(dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad (3)$$

($Z = 1, 0, -1$ după cum spațiul fizic 3-dimensional este topologic închis, euclidian, sau hiperbolic; $\mathcal{R}$ = raza de curbură). Analiza acestui model (N. Ionescu-Pallas, L. Sofonea [5]) arată că pentru a obține o presiune cu sens fizic ($p > 0$, situația $p < 0$ nefiind acceptabilă) trebuie ca atît G cît și Λ să-și piardă calitatea lor de constante și să depindă de distribuția de materie

$$G = G(t); \quad \Lambda = \Lambda(t) \qquad (4)$$

(t este epoca).
Această situație nu poate fi considerată satisfăcătoare căci relația cosmologică gravitație-geometrie care modelează structura Universului trebuie și ea să fie caracterizată prin anumiți parametri avînd statutul unor constante universale specifice (meta-argument). Dar G și Λ vor rămîne constante dacă tensorul materie $\mathcal{T}_{\mu\nu}$ este suplimentat cu un termen

$$\mathcal{T}'_{\mu\nu} = \mathcal{T}_{\mu\nu} + \tau_{\mu\nu}. \qquad (5)$$

Termenul tensorial introdus $\tau_{\mu\nu}$ preia variabilitatea lui G și Λ (echivalență pur matematică). Această sumă, care exprimă materia este nu numai conservată (ceea ce constituie un fapt banal: o minimă coerență) dar se constată că părțile sale $\mathcal{T}_{\mu\nu}$ și

$\tau_{\mu\nu}$ sînt fiecare (separat) conservative. Termenul $\tau_{\mu\nu}$ semnifică existența unui fond cosmologic (obiect cvasi-fizic).

Această reprezentare cosmologică se distinge de teoriile care presupun prezența explicită a unui cîmp de „creație" (un cîmp scalar $\mathcal{C}$ supra-slab), prin punerea în evidență a termenului (conservativ) $\tau_{\mu\nu}$. Se elimină astfel prezența unui cîmp supra-slab $\mathcal{C}$, care, prin activismul său fizic, asigură conservativitatea globală, dar pentru care numai suma dintre tensorul $\mathcal{T}_{\mu\nu}$ și termenul corespunzător $\tau^{(\mathcal{C})}_{\mu\nu}$, asociat cîmpului introdus, este conservativă iar nu fiecare termen în parte. Neconservarea lui $\mathcal{T}_{\mu\nu}$ separat duce la o dispariție-apariție (lentă) de substanță (chiar de protoni) ceea ce într-o concepție în care Universul este reprezentat ca o entitate, ar putea constitui o inconsecvență. Modelul indicat satisface de asemenea cerințele principiului cosmologic al lui Mach (inerțialiatea asimptotică).

Teoria conduce la situații fizice, dar și la situații nerelevante care trebuie discernate.

Interpretăm acest termen $\tau_{\mu\nu}$ ca pe o formă specială de materie: o materie nediferențiată, formînd (la această limită a discriminării) un „fond cosmologic". Această materie primordială („Urmaterie") care umple Universul este indestructibilă, ea are proprietățile unui „Aether cosmologic" (fond-cosmologic: „spiritus subtilis, ipso facto universalis"). Statutul existențial al „eterului-gravitațional" -cosmologic este recomandat de caracterul conservativ al tensorului suplimentar de fond.

Starea de „fond" corespunde unei lipse de substanță dar nu și de materie: există un reziduu de materie nediferențiată (a cărei structură este complet ignorată de acest demers, sau de altele experimentale-teoretice avînd o comparabilă capacitate de discernare).

Zerolu-fizic, concretizat prin caracterul mereu pozitiv al presiunii autentice (aspect matematizat; el este cantitativizat algebric: imposibilitatea scăderii presiunilor pînă la valori negative atinse trecînd prin zero) intervine cenzural (zero-ul fizic ca aspect al inexistentului) [10].

Remedierea dificultății, în limitele demersului considerat cere admiterea unui fond cosmologic: nivel minimal de materie, nediferențiată, nerelevată direct (zeroul fizic ca aspect al irelevanței) [10].

3. Vidul și constanta cosmologică

Modelul de Univers cosmologic este caracterizat prin constanta cosmologică : ea are proprietăți multiple, subtile [8].

a) Constanta cosmologică nu este direct determinabilă experimental : ordinul de mărime poate fi doar estimat din datele cosmofizicii [9] (Λ nu este măsurabilă : nu este o mărime).

b) Constanta cosmologică nu este un simplu parametru formal, de regularizare ; a fost introdusă inițial în teoriile cosmologice clasice newtoniene (Seeliger) pentru a evita „catastrofa cosmologică (prezența infinitului-dezagregant) și preluată ca atare în unele modelizări cosmologico-relativiste ; caracterul neformal este acordat de interpretarea sa geometrico-fizică.

c) Constanta cosmologică nu este un simplu parametru matematic conjuctural : prezența sa este indisolubil legată de extensia maximală a formei ecuațiilor einsteiniene admisă de covarianța Lorentz.

d) Constanta cosmologică are un sens fizic direct : Λ exprimă calitativ-cantitativ existența unei cantități minimale de materie cosmologică. Modelizarea îi acordă un necesar statut ontologic ; aceasta sugerează analogia cu constanta cuantică a lui Planck $\hbar \neq 0$ care exprimă existența efectivă a unei valori minimale a acțiunii mecanice, dar care, spre deosebire de Λ, este dotată de o mutabilitate cu caracter discret : $\Delta E_{(m,\, n)}/\nu_{mn} = (m-n)h = Kh$ care explicitează că la scară atomică „natura fecit saltus". Exprimarea existenței fondului cosmologic este aspectul efectiv fizic al constantei cosmologice.

e) Constanta cosmologică are un sens fizico-geometric (protofizic) direct. Într-o altă modelizare adiacenta (N. Ionescu-Pallás [8, 9]) se reflectă aspectul pur geometric (proto-fizic) al termenului cosmologic acesta putînd fi explicit introdus în metrică (care este de tip Minkowski- conformă, cu singularitate)

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha dx^\beta = Q\delta_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \quad (\alpha,\ \beta=1, 2, 3, 4), \tag{6}$$

$$g_{\alpha\beta} = \frac{\Psi(S)}{\left(1 - \frac{1}{4} KS\right)^2}\, \delta_{\alpha\beta} \equiv Q\, \delta_{\alpha\beta}, \tag{7}$$

$$S = (\delta_{\alpha\beta} . x^\alpha x^\beta)^{1/2}; \quad x^\alpha = (\mathbf{r}, \text{i}ct) \tag{8}$$

$$\Lambda < 0; \quad \Lambda = 3K. \tag{9}$$

Ecuațiile de cîmp (1) conduc automat la o legătură între cei doi parametri apriori independenți Λ și K (compatibilitatea parametrică) ; ea arată că se poate introduce echivalent în metrică fie parametrul de singularitate fie constanta cosmologică : geometrizarea lui Λ

$$\Lambda = f(K) = 3K < 0. \tag{10}$$

Modelul, care conduce la un Univers cosmologic expansiv—infinit în timp, explicitează inferența constantei Λ asupra cadrului de mișcare golit de materie (cadru geometrico-fizic de maximă simplitate). Interpretarea corespunzătoare (N. Ionescu-Pallas L. Sofonea [10]) arată că spațiul – gol corespunzător (spațiu-fizic limită), nu este o entitate pur geometrică, total lipsită de materie, modelizată strict printr-un spațiu euclidian E_n, ci diferă întrucîtva de acesta : are forma unui spațiu „maximal-omogen"

$$g_{\alpha\beta} = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{4} KS^2\right)^2}\, \delta_{\alpha\beta} = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Lambda}{12} S^2\right)}\, \delta_{\alpha\beta} \neq \delta_{\alpha\beta}. \tag{11}$$

Spațiu-matrice al fenomenelor fizice, deși neuclidian, este simplu : este omogen, izotrop, continuu cu excepția singularității introdusă de K, inaccesibilă într-un timp finit [10, 8]. Spațiul fizic „nud" fiind omogen legile de conservare fundamentale (ale energiei, impulsului, momentului cinetic) corespunzătoare (decurgînd, conform teoremei lui Emmy Noether din invarianța la transformări geometrico-cinematice a conținutului spațiu-timp) sînt riguros valabile Universul-limită al acestei modelizări nu este însă strict plat, ca cel euclidian, căci din ecuațiile gravitaționale se obține o curbură negativă foarte slabă : spațiu hiperbolic (infinitudine necesară [10])

$$\mathcal{R} = 4\Lambda < 0. \tag{12}$$

Această curbură, deși foarte slabă, imprimă întotdeauna o mică accelerație centrului de masă ; principiul de inerție este generalizat prin prezența acestei mici accelerații, care însă nu este produsă de restul materiei ci de însuși cadrul geometric neeuclidian ; această infimă accelerare este aceeași față de orice reper

inerţial : „cufundare" în mediul continuu omogen. Sursa accelerației trebuie să fie o „materie", fie ea oricît de subtilă (obiectivă, dar nesubstanțială).

Existența unui Univers-cadru (gol) neeuclidian sugerează ideea că el este „plin" (în mod omogen) cu o anumită „materie" (un „eter" *sui-generis* de natură „geometrico-fizică"). Această structură a spațiului vid este cea mai generală compatibilă cu ecuațiile de formă einsteiniană ale gravitației.

Exprimarea structurii neeuclidiene a formei nude a universului cosmologic este aspectul efectiv geometric al constantei cosmologice.

Existența fondului cosmologic exprimă sensibil (direct : fizic) consistența universului cosmologic care posedă (organic), o sistemicitate specifică : părțile sînt permanent legate între ele printr-o „pînză" subtilă de materie.

II. VIDUL ŞI FENOMENELE CUANTICE

1) Starea de vid a cîmpurilor cuantice

Dinamica cîmpurilor cuantice asociate microparticulelor (aflate în stare liberă cît și în regim de interacție), exprimă, în termeni specifici (teoria cuantică relativistă a cîmpurilor) legile pe baza cărora se produc „apariția și dispariția" atît de specifică micro-obiectelor. Exprimarea în termeni fizici efectivi a acestor mutații se face pe baza unui formalism cuantic adecvat prin care obiectele cuantice sînt caracterizate printr-o funcție de undă cu sens statistic care reprezintă o suprapunere (infinită) de stări posibile ale căror proprietăți sînt exprimate cu consecvență de operatorii de generare-anihilare de microparticule, a căror prezență imprimă funcției de undă totale caracterul de operator (cuantificarea a doua [16, 17]; cîmpuri cuantificate [20, 21]). Variabilitatea, care (potrivit indicațiilor experienței), afectează însăși natura particulelor aflate în interacție, este descrisă operațional într-o reprezentare adecvată situației care este cea a numerelor de ocupare (dubla cuantificare : reprezentarea în spațiul numerelor de ocupare). Populațiile și energiile diferitelor stări cuantice ($\Psi_N = |N>$) pot fi diferite ; dintre toate stările cuantice posibile, starea cea mai joasă, este prin definiție, aceea în care (în medie) nu sînt particule : starea de zero ($\Psi_0 = |0>$). Se ia astfel în considerație (în viziunea generală, specifică, determinismul statistic al mecanicii cuantice) existența fizică a stării de vid ; aceasta își manifestă prezența prin fluctuațiile de zero ale cîmpurilor, care se fac resimțite (relevate) în efecte de interacție mici dar decelabile. Încorporarea cu drepturi depline a stării de vid, în sistematica ipotezelor fizice ale materiei microscopice, a permis explicarea și prevederea unor fenomene interesante și de mare finețe, care, în afara unui interes intrinsec, a însemnat totodată verificarea a înseși bazelor mecanicii cuantice relativiste ușurînd înlăturarea unor obiecții grave, principiale (care înainte de admiterea existenței stării cuantice de „vid" produceau mari dificultăți (expresii fundamentale divergente, problema masei, a energiei proprii) și dezvăluirea unor noi aspecte ale atomismului.

Prin acceptarea realității stării de zero, mecanica cuantică relativistă promovează un „model cuantic al vacuumului" ; pe baza acestui model s-a reușit să se explice, încă de la începutul acestei remarcabile faze a istoriei mecanicii relativiste (trecerea la cuantificarea cîmpurilor), a două fenomene, care departe de a fi doar subtile detalii, prezintă o excepțională importanță principială.

Aceste fenomene sînt :

a) — deplasarea nivelurilor de energie ale electronului în atom față de valorile respective calculate de teoria cuantică relativistă a lui Dirac (teorie relativistă, dar preliminară, care nu ține seama de fluctuațiile de zero) ;

b) prevederea unei corecții la momentul magnetic al electronului (deci a unui moment magnetic suplimentar, necinematic), față de cel obișnuit (cinematic, de spin, prevăzut de teoria cuantică relativistă a lui Dirac).

Concepția cuantică asupra vidului (ca formă a existentului fizic iar nu a neantului) aduce remarcabile puncte de sprijin în rezolvarea dificilei probleme a naturii masei micro-obiectelor (apariția în expresiile calculate prin metodele mecanicii cuantice relativiste a infinitului). Masele microparticulelor, mișcîndu-se în spațiul „liber" sînt considerate, în concepția cuantică asupra vacuității, ca niște entități fizice aflate într-o necontenită interacție cu vidul fluctuant, mediu „populat" cu stări continue, virtuale. Vidul cuantic are astfel unele proprietăți interacționale care îl disting de spațiul complet „gol". Se aduc astfel precizări prețioase în privința proprietăților intrinseci ale cuantelor de substanță (masă), de electricitate (sarcină), de magnetism (momente magnetice), etc. și asupra aspectelor de ultimitate ale structurării fizice (vidul ca stare

nediferențiată). Noua imagine asupra vidului, deși esențial atomistă, cuantică și relativistă, aprofundează anumite puncte de vedere (și metode) folosite încă de fizica clasică în studiul masei proprii (apariția infinitului în fizica clasică) angajînd însă, în esență, idei radical noi, eminamente cuantice (fluctuațiile de zero).

Valoarea acestor idei a fost pusă în evidență (chiar înainte de orice altă analiză critică) prin explicațiile și interpretările aduse celor două efecte experimentale menționate, precum și prin previziunea unor efecte cu caracter direct sau indirect, acestea din urmă constînd în armonizări și consecvențe de principiu aduse teoriei generale a cîmpurilor cuantice.

2. Bazele experimentale ale concepției cuantice ale vidului

Fenomenul „deplasării nivelurilor" a fost sesizat de spectroscopiști încă înainte de elaborarea teoretică a mecanicii cuantice relativiste; testele experimentale nu au fost însă destul de convingătoare. Problema dobîndește dintr-o dată o acută actualitate, în procesul de discernare critică a performanțelor teoriei lui Dirac.

Mecanica cuantică, încă în forma ei nerelativistă, a reușit să determine, cu o exactitate impresionantă, valorile energiei electronului în atom. Teoria cuantică relativistă a lui Dirac descoperă în mod remarcabil noi detalii ale acestor niveluri, pe care le calculează efectiv și cu o mare nuanțare, printr-o formulă în care intră valori și mai precise ale numerelor cuantice (formula coincide cu cea stabilită inițial de A. Sommerfeld pe baza postulatelor mecanicii semicuantice relativiste, ceea ce, în acel stadiu de dezvoltare a fizicii, a subliniat caracterul relativist al corecțiilor). Excelenta confirmare experimentală a rezultatelor teoriei contribuie la „clasicizarea" teoriei lui Dirac. O concluzie ușor verificabilă, dobîndind prin aceasta un caracter de decidabilitate a întregii teorii, este existența unei anumite degenerescențe" nivelurile $S_{1/2}$ și $2P_{1/2}$ trebuie să coincidă. De aceea această prevedere a teoriei relativiste (Sommerfeld-Dirac), a fost în mod special cercetată cu toată rigoarea [11]—[15].

Încă primele investigații ale lui Houston și Williams (care au folosit o metodă optică obișnuită, dar s-au servit de aparate cu mare putere de rezoluție) au constatat o infimă abatere de la rezultatul teoretic. Semnul abaterii a fost interpretat de Pasternak ca fiind o consecință a deplasării în „sus" (spre domeniul energiilor mai mici, în valoare absolută, a nivelului $S_{1/2}$ față de $P_{1/2}$). Constatarea a suscitat un anumit interes, dar probele experimentale nu au părut destul de convingătoare. S-a încercat să se explice mica abatere punînd-o pe seama unor inferențe secundare (de natură, concret-fizic), neacordîndu-i astfel o importanță principială.

Cum deplasarea nivelului indica micșorarea atracției s-a căutat să se explice abaterea prin modificarea legii lui Coulomb, modificare care putea avea loc datorită extinderii spațiale a protonului (modelul nepunctiform : cu rază eficace) sau a unei „extinderi" temporale a acestuia („răspîndirea" sarcinii protonului : care stă aproximativ 0,2 din timp în starea disociată; Heitler ș.a.). Asemenea procese există în mod incontestabil și constituie, ca atare, factori ai slăbirii atracției coulombiene, dar calculul cuantic respectiv (efectuat cu funcții de undă care țin seama de la început de un „volum al nucleului"), au condus la deplasări neînsemnate ale nivelurilor. La aceste efecte de diminuare a interacției interatomice concură în mod cert și o frînare specifică, cauzată de reacțiunea cîmpului asupra mișcării (Bohr), detaliu care n-a fost nici el omis (Oppenheimer, Blohințev). Au fost astfel mobilizate toate argumentele teoretice obișnuite; cu toate acestea nu s-a ajuns la o convingătoare explicație a existenței micii deplasări a nivelurilor.

A. Sommerfeld caracterizează într-un studiu al său din 1941 confuzia în care se afla problema, exprimîndu-se, cu umor, că „datorită epuizării tuturor posibilităților teoretice în această direcție trebuie să se spere că în realitate nu s-a observat nimic".

Experiențele ulterioare, făcute în 1947 de Lamb și Rutherford au descoperit cu mare siguranță existența unei deplasări a nivelurilor. Primele cercetări experimentale au fost astfel confirmate folosind însă de data aceasta nu metodele frecvențelor optice, ci a celor radioelectrice. Cercetătorii Lamb și Rutherford au obținut pentru intervalul analizat al termenilor spectrali valoarea $S_{1/2} - 2P_{1/2} = \Delta\nu = 1062 \pm 5$ MHz situată în domeniul structurii fine. (Ea corespunde unei deplasări de energie de $\Delta E = 1062 \cdot 4{,}1 \cdot 10^{-9}$ eV în spre domeniul energiilor mici; nivelul fundamental al hidrogenului este $E_1 = 13{,}5$ eV.)

Comunicarea rezultatelor (obținute prin experiențe deosebit de precise) a atras de data asta atenția generală a teore-

ticienilor care imediat au efectuat un calcul al deplasării, bazîndu-l, de la început, pe existența fluctuațiilor. Încă primele tentative (1947—1948) de a găsi o explicație acceptabilă a fenomenului, au condus la o soluție satisfăcătoare (Welton, Bethe). Încercările erau vădit preliminare, nu atît prin caracterul lor elementar și nerelativist, cît mai ales prin faptul că în calcule intervine o integrală improprie a energiei care diverge logaritmic (ceea ce a impus o regularizare printr-o „tăiere" arbitrară la limita $E \sim mc^2$). Teoria cuantică relativistă dezvoltată ulterior s-a dovedit a fi satisfăcătoare atît în privința consistenței interioare cît și a rezultatului său final, care se află în excelentă concordanță cu experiența. Analiza consecvent cuantico-relativistă, afectuată și în privința celorlalte efecte concurente, a atestat că ele au un rol secundar în provocarea deplasării. Teoria prezicea, de asemenea, o deplasare similară și pentru alți atomi, ceea ce a și fost efectic observat la atomul ionizat de heliu. Interacția specifică a electronului cu vidul induce de asemenea momente multipolare (mai ales cvadrupolare), care de asemenea își fac simțită prezența în efecte specifice (corecții radiative: electrodinamica cuantică [16, 17]).

Istorica problemă a structurii celui mai simplu atom, fundamentală prin natura sa (și remarcabilă prin posibilitatea calculării sale efective), revine astfel din nou în centrul atenției, văzîndu-și caracterul său de adevărată piatră de încercare a tuturor teoriilor din microfizică.

Descoperirea la electron a unui moment magnetic corectiv a fost evidențiată mult mai tîrziu. Măsurătorile precise ale momentului magnetic al electronului (făcute prin metoda de rezonanță: metoda Rabi, în care se folosesc radiofrecvențele) au arătat existența unei mici corecții la valorile cunoscute. Experiențele se efectuau asupra electronilor atomici plasați în cîmpuri puternice, care provocau un efect Zeeman, deplasarea înregistrată diferind puțin de cea calculată de teoria cuantică-relativistă obișnuită (bazată pe ecuația lui Dirac). Asemenea abateri au fost constatate la diferite elemente (Na, Ga) și ele se concretizau într-o modificare a valorii ($g = 2$) a coeficientului giromagnetic al electronului, coeficient care indică raportul dintre momentul magnetic și cel mecanic (moment cinetic de spin). Explicația fenomenologică a acestei subtile discordanțe constă în supoziția că electronul posedă și un moment magnetic suplimentar: moment „anormal".

Ipoteza (Breit) a fost în scurt timp acreditată pe baza teoriei cuantice a vidului (Schwinger ș.a.) care a condus la o formulă excelent verificată de experiență. S-a obținut

$$\mu_e = \mu_B\left(1 + \frac{\alpha}{2\pi}\right), \tag{13}$$

$\mu_B = \dfrac{eh}{4\pi mc}$ (magnetonul lui Bohr),

$\alpha = \dfrac{2\pi e^2}{hc} \approx \dfrac{1}{137}$ (constanta structurii fine a lui Sommerfeld).

Teoria cuantico-relativistă a interacției, bazată pe noile proprietăți ale vidului, prevede și existența unor abateri în procesul de ciocnire electron-foton (efectul Compton; descris în teoria cuantică relativistă prin formula lui Klein-Nishina [17]), ca și la difuzia particulelor încărcate pe nuclee (descrisă în fizica clasică de teoria lui Rutherford care este justificată și de teoria cuantică relativistă a ciocnirilor [18, 19]). Aceste corecții s-au dovedit a fi cu totul infime.

Teoria a fost aplicată și la cîmpul mezonic, întrucît și acesta trebuie să prezinte o stare de vid. Rezultatele obținute au fost acceptabile [20—24].

Astfel caracterul nou (cuantic) al vacuumului, conceput ca o realizare fizică iar nu ca un simplu „gol" total (lipsit de prezența materiei), rămîne o achiziție durabilă care intră în fondul de idei fundamentale a mecanicii cuantico-relativiste a cîmpului.

Concepția cuantică a vidului nu impune, în sine, ipoteze suplimentare, nedepășind astfel cadrul vechii teorii cuantico-relativiste a cîmpurilor și particulelor, ci reprezintă de fapt consecventa luare în considerație a sistemului complet de idei a acestei teorii, care atribuie vidului unele caracteristici materiale. Semnificația fizică a acestor caracteristici a provocat însă la început serioase și îndreptățite îndoieli, deoarece proprietățile se exprimau prin integrale divergente. Evitarea acestor divergențe s-a făcut, inițial, prin interzicerea, „de facto", a tranzițiilor din stările cu energie negativă, eludînd astfel existența fluctuațiilor de zero; prin aceste consecințe directe ale mecanicii cuantice au fost eliminate deliberat din teorie, datorită caracterului lor paradoxal, greu de acceptat.

Noua concepţie cuantică asupra vidului sistează aceste tendinţe de ocolire a consecinţelor naturale ale mecanicii cuantico-relativiste, comportări pe care le reabilitează, dîndu-le o interpretare cît se poate de directă. Adaptarea unei asemenea concepţii permite ca, recurgînd la un minimum de arbitrar, să elimine (fie şi numai în parte) mărimile divergente care exprimă proprietăţile de structură ale microobiectelor.

3. Caracterul cuantico-relativist al proprietăţilor stării de vid

O primă explicaţie a deplasării nivelurilor din atom datorită fluctuaţiilor vidului a fost dată de Welton [15]. Consideraţiile sale sînt neriguroase, dar deosebit intuitive avînd astfel o valoare calitativă, orientativă. Se consideră că mişcarea electronului în atom are loc în prezenţa unui cîmp de radiaţie a cărui energie constă dintr-o sumă de energii a unor oscilatori cuantici, care posedă şi o energie E_0 care nu dispare decît prin desfiinţarea oscilatorului (stare de zero : energie de nul)

$$E = \sum_i E_n^{(i)}, \tag{14}$$

$$E_n = h\nu\left(n + \frac{1}{2}\right);\ E_0 = \frac{h\nu}{2} \neq 0;\ n = 0. \tag{15}$$

De aceea chiar şi în lipsa protonilor vor exista fluctuaţii de energie. Densitatea stărilor continue, de pulsaţie ω, cuprinse în intervalul $(\omega, \omega + \mathrm{d}\omega)$ fiind (conform unui calcul geometric care se bazează doar pe proprietăţi ondulatorii ale luminii) $\mathrm{d}N_\omega = \dfrac{\omega^2}{\pi^2 c^3}\mathrm{d}\omega$, energia totală a stării de vid va fi

$$E_{\text{vid}} = \int_0^\infty \left(\frac{1}{2}\,\frac{h\omega}{2\pi}\right)\frac{\omega^2}{\pi^2 c^3}\,\mathrm{d}\omega. \tag{16}$$

Suma energiilor de zero corespunzătoare tuturor frecvenţelor cîmpului este deci infinită, ceea ce constituie o gravă dificultate (în finitudine antinomică). Divergenţa nu poate fi ocolită decît limitînd integrala la o valoare $\omega_{\max} =$ finit. Se admite astfel că mărimea E (astfel evaluată) are efectiv un sens fizic :

suma tuturor energiilor undelor parţiale constituie energia cîmpului electromagnetic care îşi execută încontinuu influenţa asupra electronului, chiar şi atunci cînd alte cîmpuri exterioare lipsesc. Electronul se va afla deci totdeauna sub influenţa unui „cîmp de vid" (al cărui aspect dual, corpuscular, este cel al unor fotoni negeneraţi) încît va fi obligat să execute oscilaţii. Chiar şi în vid electronului liber i se va comunica o mişcare care (în aproximaţia clasică) este determinată prin

$$m\boldsymbol{r} = e\mathcal{E}_{(\text{vid})}. \tag{17}$$

Cîmpul electric reprezintă o suprapunere (infinită) de stări de pulsaţie ω (integrală Fourier)

$$\mathcal{E}_{\text{vid}} \equiv \mathcal{E} = \int \mathcal{E}_\omega \cos \omega t \,\mathrm{d}\omega \tag{18}$$

($\mathcal{E}_\omega$ este amplitudinea Fourier).

Deplasarea electronului sub influenţa cîmpului de vid este

$$\Delta\boldsymbol{r} = -\frac{e}{m}\int \frac{\mathcal{E}_\omega}{\omega^2}\cos \omega t\,\mathrm{d}\omega. \tag{19}$$

Media în timp a deplasării (evaluată prin modulul acestuia este

$$\overline{\Delta\boldsymbol{r}^2} = \frac{+e^2}{m^2}\overline{\int \frac{\mathcal{E}_\omega^2}{\omega^4}\cos^2 \omega t\,\mathrm{d}\omega} = \frac{e^2}{m^2}\,\overline{\cos^2 \omega t}\int \frac{\mathcal{E}_\omega^2}{\omega^4}\,\mathrm{d}\omega = \frac{1}{2}\,\frac{e^2}{m^2}\int\frac{\mathcal{E}_\omega^2}{\omega^4}\mathrm{d}\omega. \tag{20}$$

Această mişcare este provocată (şi întreţinută) datorită existenţei energiei E a cîmpului electromagnetic fluctuant

$$E = \frac{\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2}{8\pi} = \frac{\mathcal{E}^2}{4\pi} = \frac{1}{8\pi}\int \mathcal{E}_\omega^2\,\mathrm{d}\omega. \tag{21}$$

Se admite că această energie este chiar energia fluctuaţiilor cuantice de zero

$$E_{\text{clasic}} = \frac{1}{8\pi}\int \mathcal{E}_\omega^2\,\mathrm{d}\omega = E_{\text{cuantic}}^{\text{vid}} \equiv \int\left(\frac{1}{2}\,\frac{h\omega}{2\pi}\right)\frac{\omega^2}{\pi^2 c^3}\,\mathrm{d}\omega, \tag{22}$$

7 – c. 1774

postulat care arată caracterul cuantic al amplitudinilor electromagnetice

$$\mathscr{E}_{\omega}^{2} = \frac{2h\,\omega^{3}}{\pi^{2} c^{3}} \qquad (23)$$

Deplasarea medie provocată de acest cîmp cuantic (de vid) va fi

$$\overline{(\Delta \boldsymbol{r})^{2}} = \frac{2}{\pi}\,\frac{2\pi e^{2}}{hc}\left(\frac{h}{2\pi\, mc}\right)^{2}\cdot \int \frac{\mathrm{d}\omega}{\omega} = \text{const} \ln \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}. \qquad (24)$$

Această deplasare este însă divergentă! Dificultatea nu are însă un caracter principial ci se datorează neglijării legării electronului de atomi (ceea ce elimină divergența la limita inferioară, $\omega_{\min}$, a integralei) precum și caracterului nerelativist al mișcării intraatomice $\left(\right.$ceea ce elimină divergența provocată de limita superioară care nu este infinită ci de ordinul pulsațiilor care corespund energiei proprii a electronului $E \sim mc^2 = \left.\dfrac{h\omega}{2\pi}\right)$. Astfel caracterul legat (atomic) al electronului și caracterul finit (elementar) al masei acestuia (caracter neexplicat ca atare, de teorie) elimină divergența „absorbind-o" în valoarea finită a termenului de masă. Se fac deci limitările

$$\omega_{\max} = \frac{2\pi mc^{2}}{h} \neq \infty, \quad \omega_{\min} \neq 0, \qquad (25)$$

iar $\omega_{\min}$ se apreciază ca fiind pulsația corespunzătoare energiei medii a excitației

$$\omega_{\min} = \frac{\Delta E\, 2\pi}{h}. \qquad (26)$$

Se introduc astfel doi parametri:

$$K_{\max} = \frac{2\pi\, \Delta E_{\max}}{hc} = \frac{2\pi\, mc}{h}, \qquad (27)$$

$$K_{\min} = \frac{2\pi\, \Delta E_{\min}}{hc}. \qquad (28)$$

Cîmpul de vid imprimă unui electron liber, în repaus, o mișcare cvasi-„browniană", în decursul căreia media pătratului deplasării are o valoare bine definită. Oscilațiile datorită vidului fac ca electronul, conceput inițial ca strict-punctual, să fie de fapt extins, adică să posede o rază eficace a cărei mărimi se pot estima cantitativ prin media geometrică dintre raza electromagnetică și raza cuantică

$$r_0 = \frac{e^{2}}{mc^{2}} = \frac{1}{137}\,\frac{h}{mc\cdot 2\pi}, \qquad (29)$$

$$\Lambda = \frac{h}{mc} = 2\pi\,\frac{e^{2}}{mc^{2}}\,\frac{hc}{2\pi\, e^{2}} \qquad (30)$$

(adică lungimea de undă Compton) care este de $2\pi/\alpha = 2\pi\cdot 137{,}02$ ori mai mică decît raza clasică r_0

$$r_{\text{vid}} \simeq \sqrt{\alpha}\,\frac{h}{2\pi\, mc} \qquad (31)$$

Electronul astfel „extins" are o comportare specifică: el nu mai interacționează cu un cîmp electric exterior (de potențial $\varphi(\boldsymbol{r})$ ca o particulă strict-punctiformă (avînd energia potențială $\mathscr{V}$), ci are o energie potențială modificată

$$\mathscr{V}' = -e\varphi(\boldsymbol{r} + \Delta\boldsymbol{r}) = -e\left[1 + (\Delta\boldsymbol{r}\cdot\nabla) + \frac{1}{2}(\Delta\boldsymbol{r}\cdot\nabla)^{2} + \ldots\right]\varphi(\boldsymbol{r}) \quad (32)$$

și cum deplasarea medie este, evident, zero ($\Delta\boldsymbol{r} = 0$), iar datorită izotropiei spațiale deplasarea medie pătratică este $(\Delta\boldsymbol{r}\cdot\nabla)^2 = \dfrac{1}{3}\,\overline{(\Delta\boldsymbol{r})^2}\nabla^2$ energia de interacție va fi

$$\mathscr{V}' = -e\left[1 + \frac{1}{6}\,\overline{(\Delta\boldsymbol{r})^{2}}\nabla^{2} + \ldots\right]\varphi(\boldsymbol{r}). \qquad (33)$$

Variația energiei de interacție provocată de influența nemijlocită a vidului este deci $\mathscr{V}' - \mathscr{V} = -\dfrac{e}{6}\,\overline{(\Delta\boldsymbol{r})^2}\,\nabla^2\varphi$ și cum pentru

o sarcină punctuală (de densitate) $\rho = e\delta(\boldsymbol{r})$ plasată în punctul $\boldsymbol{r}$, potențialul electrostatic este soluția ecuației Laplace-Poisson $\Delta\varphi \equiv \nabla^2\varphi = -4\pi e\delta(\boldsymbol{r})$ avem pentru electronul din atomul de hidrogen

$$\mathscr{V}' - \mathscr{V} = \frac{2\pi e^2}{3}\overline{(\Delta\boldsymbol{r})^2} \cdot \delta(\boldsymbol{r}). \quad (34)$$

Deplasarea nivelurilor sub acțiunea perturbațiilor de vid se determină (în medie) în raport cu stările electronice din atom (stări descrise de funcțiile de undă $\Psi_{nlm}(\boldsymbol{r})$ ea fiind media (cuantică)) a variației acestei energii de interacție

$$\Delta E = E' - E = \int \Psi^*_{(r)}(\mathscr{V}' - \mathscr{V})\Psi(r)\,(\mathrm{d}\boldsymbol{r}) = \frac{2\pi e^2}{3}\int \overline{(\Delta r)^2}\delta(\boldsymbol{r})\,|\Psi(\boldsymbol{r})|^2\,\mathrm{d}\boldsymbol{r} \quad (35)$$

($(\mathrm{d}\boldsymbol{r})$ este elementul de volum). Primul termen de sub integrală are expresia constantă (24), iar în al doilea prezența funcției de discontinuitate $\delta(\boldsymbol{r})$ elimină integrala astfel încît în rezultatul final apare integrantul calculat în punctul zero (adică $|\Psi_{(0)}|^2$). Se obține [20]

$$\Delta E = E' - E = \frac{4e^2}{3}\,\alpha\left(\frac{h}{2\pi mc}\right)^2 |\Psi_0|^2 \ln\frac{2\pi mc}{hK_{\min}}. \quad (36)$$

Această decalare a nivelurilor este „stricto sensu", diferită pentru fiecare nivel (S, P, D etc.), dar, practic ea este nenulă numai pentru starea fundamentală, căci, numai pentru acest caz funcția de undă (nerelativistă) este nenula în origine:

$$|\Psi_{(0)}|^2 = \frac{1}{\pi a^3 n^3} \neq 0, \quad (37)$$

$$|\Psi^{(0)}_{nlm}|^2 = 0,\ l \neq 0 \quad (38)$$

(a este raza lui Bohr; n numărul cuantic principal). Se obține [15] astfel formula deplasărilor nivelurilor datorită vidului (electromagnetic)

$$E' - E = \frac{8}{3\pi}\,\alpha^3\,\frac{R_y}{n^3}\cdot\ln\frac{mc^2}{\Delta E}. \quad (39)$$

Formula (H. Bethe) arată că efectul este proporțional cu energia de ionizare a stării fundamentale ale hidrogenului, Ry. Corecția este infimă, ea fiind proporțională ca α^3 (constantă esențial-relativistă) și este sesizabilă doar la stările slab excitate (n mic). Aproximațiile folosite sînt grosiere; mișcarea electronului a fost descrisă numai prin funcții de undă nerelativiste și nu au fost luate în discuție nici fluctuațiile de zero ale vidului cîmpului electrono-pozitronic, dar interacția, electromagnetică (care prin natura ei este exclusiv relativistă) a fost parțial cuantificată („vidul" acestui cîmp a fost luat în considerație, cuantificarea fiind însă incompletă: ea se referă doar la componentele amplitudinilor, $\mathscr{E}_0^2 \sim h$ adică de fapt doar la energiile acestora).

Teoria este, vizibil, inconsecventă și, ca atare, manifest-provizorie; totuși rezultatele ei sînt în bun acord cu experiența. Astfel pentru starea $2S$, se obține o deplasare de 1040 MHz [15]. Se constată astfel, că ideea fluctuațiilor de zero a vidului este fertilă chiar și atunci cînd mișcarea microparticulelor este descrisă numai într-o aproximație nerelativistă, ceea ce indică necesitatea valorificării ei într-un calcul consecvent relativist și cuantic.

Existența momentului magnetic suplimentar al electronului se datorează de asemenea influenței stărilor de vid. Momentul are o natură exclusiv cuantică. Dacă mișcarea electronului este descrisă cuantic relativist (prin ecuațiile lui Dirac, deci necuantificînd cîmpul spinorial), microsarcina, deși în mișcarea liberă, execută necontenit și o mișcare vibratorie *sui generis*, de amplitudine $r' \sim \Lambda = \dfrac{h}{2\pi mc}$ (trepidația Schrödinger).

În această calitate, electronul fiind un obiect încărcat electric și mobil intră în interacție cu oscilațiile de zero ale cîmpului electromagnetic. „Electronul trepidant", care este totodată și un microobiect rotitor înzestrat cu o mișcare de spin, devine asemănător unui curent circular de rază $r' \sim h/2\pi mc$ și deci, în această calitate, el are un moment magnetic suplimentar (corespunzător acestei mișcări)

$$\mu' = \frac{I'}{c}S' = \frac{I'}{c}\pi r^2 = e\,\nu'\cdot\frac{1}{c}\,\pi r^2 \quad (40)$$

(unde I' esté curentul produs de rotația sarcinii e prin mișcarea de rotație pe cercul de rază r').

Teoria cuantico-relativist-invariantă, care admite existenţa vidului (chiar dacă nu descrie cu toată consecvenţa cuantificarea) reuşeşte să ofere o explicaţie calitativă a provenienţei momentelor magnetice suplimentare.

Teoria cuantică consecventă a interacţiei cu vidul (electrodinamica cuantică) descrie în mod natural existenţa corecţiei de moment magnetic [16].

4. Vidul cuantic şi eliminarea divergenţelor teoriei cuantice a cîmpurilor

Reprezentarea fizică a proprietăţilor de ansamblu ale vidului a ridicat dificultăţi considerabile datorită prezenţei, inevitabile, a expresiilor infinite. Energia interacţiei dintre electronul liber şi ocilaţiile de zero ale cîmpului electromagnetic este o mărime care diverge pătratic ($\sim \omega^2$), energia de interacţie dintre electronul legat (deci aflat în permanenţă în cîmpul electromagnetic şi magnetic al atomului ; cîmp staţionar) şi oscilaţia de zero a cîmpului electromagnetic are şi ea o divergenţă de aceeaşi „tărie".

Diferenţa acestor două mărimi, care ar trebui să exprime amplasarea deplasării valorilor energetice, prezintă astfel un pronunţat caracter divergent, ceea ce îi arată inadecvarea. Diferenţa aceloraşi mărimi, calculate însă după metodele cuantice (prin funcţii de undă consecvent-relativiste, dar „necuantificate", prezintă şi ea o divergenţă, dar ea are un caracter numai logaritmic şi pînă la urmă se poate elimina complet absorbind elementele infinite în masa (empirică, finită) a microobiectului. Interpretarea cuantică a „proprietăţilor de vid" ale microobiectelor, bazată pe luarea în consideraţie a aspectelor celor mai pregnante ale acestora (dualitatea), deşi nu încă a tuturor acestor aspecte, se dovedeşte astfel a fi mult mai adecvată decît cea cvasi-clasică [15, 16, 20]. Prezentarea şi mai avansată a proprietăţilor stării de vid, reprezentare în care mişcarea electronului se descrie cuantificînd consecvent funcţia de undă (adică concepînd mişcarea ca fiind „propagarea" unui cîmp electrono-pozitronic), elimină complet divergenţa diferenţei dintre cele două energii, care într-o astfel de calculare are nu numai o mărime finită dar şi una care concordă excelent cu experienţa (electrodinamica cuantică) [15—17]. Micşorarea gradului de divergenţă, mergînd pînă la anulare, este cauzată de luarea în considerare a tuturor aspectelor cuantificării : se ţine acum seama de interacţia electronului nu numai cu fluctuaţiile cîmpului

electromagnetic, dar şi cu cele ale cîmpului perechilor virtuale electron-pozitron.

Procesul cuantic de interacţie a electronului cu oscilaţiile cîmpului electromagnetic constă în emisia şi absorbţia de către aceste particule („de nul") a cuantelor cîmpului (fotoni virtuali) ceea ce face ca particula să aibă o energie proprie de autoatracţie (proprie) : de natură electromagnetică (ea are, formal, o valoare infinită) căreia îi corespunde o masă proprie (de asemenea infinită).

Această prezenţă infinită (de masă), paradoxală matematic şi inacceptabilă fizic, se eludează pur şi simplu de către teorie, sau se elimină printr-un procedeu căruia i se caută o anumită justificare principială cît mai fizică (regularizare).

În acest scop se consideră că masele de cîmp (infinite) sînt gata incluse în valoarea (empirică : finită) a masei, care astfel este supusă unei „reetalonări" (renormarea masei). Evident prin aceasta se „transferă" dificultatea la un nivel de organizare al materiei încă necunoscut în speranţa că dezvoltarea ulterioară a teoriei atomiste va fi capabilă să explice însăşi structura stabilă a microparticulelor încît va elimina, într-un anumit fel, valorile infinite. Această renormare nu constituie totuşi doar o simplă schimbare de denumire, ci oglindeşte evoluţia pe etape a cunoaşterii. Eliminarea infiniţilor prin renormare este efectiv realizată, căci aplicînd-o energiei electronului legat se scade valoarea totală a energiei de cîmp a particulei libere, încît diferenţa rămîne finită [15].

Interacţia electronului cu oscilaţiile de zero nu poate avea un echivalent strict clasic, căci într-un asemenea regim de mişcare energia proprie de cîmp (de asemenea infinită) este de provenienţă electrostatică (cîmp longitudinal ; cuantic se emit şi se absorb „cuante virtuale, longitudinale : „coulombiene") în timp ce în regim cuantic energia de interacţie a electronului cu oscilaţiile de zero este condiţionată de „partea transversală" a cîmpului electromagnetic (se emit şi se absorb fotoni longitudinali : energia este descrisă de partea transversală $U_{pot} = -\frac{e}{c}(\boldsymbol{v}\boldsymbol{A})$ care în regim strict clasic este zero, iar în ecuaţia de undă intervine operatorul $\hat{U}_{pot} = e(\boldsymbol{\alpha}\,\boldsymbol{A})$, unde $\boldsymbol{\alpha}$ este matricea „vectorială" a lui Dirac).

Luarea în consideraţie a caracterului consecvent cuantic al mişcării (cuantificarea cîmpului spinorial) înseamnă a atribui şi acestuia o stare de vid, ceea ce are ca efect provocarea unei

interacţii a electronului cu cîmpul perechilor virtuale electron-pozitron, al acestei stări de vid. Ca urmare aceste perechi, (virtuale : nu se emit) suferă o oarecare deplasare, adică „vidul se polarizează", astfel încît constanta dielectrică este cu ceva mai mică decît unitatea! (abaterea este de ordinul 1/137 şi se manifestă pe un domeniu de ordin $\Lambda = h/2\pi mc$).

Intervin deci mici corecţii de polarizare (electrodinamică cuantică [16, 17]).

$$E'' - E' = -\frac{8}{15\pi}\frac{\alpha^3}{n^3}Ry. \qquad (41)$$

O atare deplasare a nivelului datorită polarizării vidului electrono-pozitronic este infimă (pentru stările $2S$ ea este de ordinul 1/40 din deplasarea provocată de oscilaţiile corespunzînd „neuniformităţii" cîmpului fotonic) [15]. Existenţa unei polarizări a vidului înseamnă că orice sarcină exterioară induce în vid o sarcină de valoare infinită. Apare deci şi un „infinit" de natură electrică, care se elimină în mod analog incluzînd această valoare nefizică în cea fenomenologică, finită, a sarcinii (renormarea sarcinii).

Datorită existenţei vidului electrono-pozitronic prezenţa oricărei sarcini exterioare reale, provoacă o anumită respingere a electronului neemis din vid, încît are loc o redistribuire a sarcinii în vid, ceea ce se manifestă printr-o extensie a sarcinii electromagnetice. Datorită acestui fapt energia proprie electromagnetică este divergentă doar logaritmic

$$E_0 = \left(\frac{2\pi e^2}{hc}\right) mc^2 \ln\frac{\Lambda_c}{r_0}\ ;\ \Lambda_c = \frac{h}{2\pi mc}. \qquad (42)$$

Existenţa a două stări cuantice de vid (electromagnetic—electrono-pozitronic) provoacă o interacţie specifică a perechilor virtuale electrono-pozitron cu oscilaţiile de zero ale cîmpului fotonilor de zero ceea ce micşorează deplasarea şi, implicit, energia electronilor. Datorită acestui fapt pătratul mediu al deplasării care era divergent logaritmic devine independent de raza electronului iar energia medie căpătată de electroni sub influenţa impulsului fotonilor de nul (energia proprie de cîmp) diverge doar logaritmic, şi nu pătratic, iar diferenţa energiilor de cîmp pentru electronul liber şi pentru cel legat devine finită [15].

Teoria consecventă cuantică-relativistă (electrodinamica cuantică) descrie aceste interacţii subtile electron-vid într-o formă cantitativă. Teoria cuantică a vidului este astfel organic legată de complexa problemă a naturii masei : e echilibrării acesteia prin compunerea unei „mase reziduale" cu o alta „de cîmp".

Punerea în evidenţă a stării cuantice de vid (electromagnetic şi electro-pozitronic) fiind realizată şi atribuindu-i un caracter de universalitate, se impune luarea în consideraţie a acestei ipoteze a fizicalităţii. Se concep astfel stări de vid specifice şi, corespunzător acestora, se consideră mase de cîmp (de natură mezonică etc.), energii proprii, sarcini şi alte mărimi specifice, din expresia cărora infiniţii au fost eliminaţi în mod convenabil [21—23].

Proprietăţile specifice ale vidului cuantic capătă astfel un caracter de necesară generalitate, proprie unui „mediu (cuantic) de fond" în care au loc toate procesele miroscopice. Descrierea acestui fundal-fizic este indivizibil legată, într-o primă fază de penetraţie, de teoria mişcării microobiectelor (mecanica cuantică a cîmpurilor), iar în altă fază de investigaţia structurii acestor obiecte : teoria particulelor elementare [25 — 27].

5. Vidul cuantic şi inseparabilitatea microobiectelor

Microobiectele sînt entităţi cuantice care, datorită proprietăţilor lor de dualitate, trebuie reprezentate în termeni specifici care nu permit compunerea unei imagini fizice, intuitive : microobiectele se supun legilor mecanicii cuantice care se exprimă prin concepte şi formalisme considerabil diferite de cele ale mecanicii clasice. Obiectele cuantice sînt astfel considerabil diferite de obiectele clasice, care în sensul intuiţiei comune, constituie obiectele fizice propriu-zise.

Natura specific cuantică a microbiectelor, care tranşează distincţia de obiectele clasice, este caracterizată prin : a) existenţa unei fuziuni intrinseci între aspectele ondulatorii şi cele corpusculare (o unitate organică infinit-finit, unitate care există atît în cazul sistemelor cuantice cît şi în cazul indivizilor, chiar şi în forma considerată ca fiind elementară); b) nesupunerea la constringerile determinismului clasic, laplacean, care impune o perfectă şi definitivă reprezentare cauzală prin care, legităţile fiind date, cunoaşterea stării iniţiale este suficientă pentru a determina starea prezentă şi întreaga evoluţie ulterioară a siste-

melor fizice; c) supunerea la restricţiile unui determinism specific, care se exprimă nu printr-o reprezentare spaţio-temporală simplă, „nudă" (localizabilitate), ci prin funcţia de stare a sistemului cuantic considerat; d) microobiectele nu sînt entităţi fizice localizabile perfect (în sens obişnuit), ci numai parţial (în limitele relaţiilor de incertitudine impuls-coordonată, respectiv energie-timp; ele cenzurează posibilitatea de a cunoaşte simultan cu o precizie absolută poziţia şi impulsul respectiv viteza); e) microobiectele (identice) nu au o individualitate dezvoltată (în sens obişnuit) ci sînt indiscernabile, încît trebuie reprezentate (identificate) statistic nu ca particule (în sens obişnuit), ci ca stări (reprezentate prin structuri matematice determinate); f) microobiectele (identice) deşi nelocalizabile şi neindividualizabile trebuie considerate ca fiind entităţi fizice reale, iar nu nominalităţi matematice, deşi ele sînt reprezentate printr-un întreg sistem de concepte şi relaţii matematice: ele există independent de gîndire, ele nu sînt doar entităţi din lumea ideaţiei (atitudine realistă; care însă implică o reconstrucţie critică şi creatoare a conceptului de realitate fizică); g) microobiectele sînt non-separabile, căci analiza relaţiilor cuantice care exprimă corelaţia dintre două asemenea entităţi fizice arată că două micro-particule care au avut ceva comun la un moment dat (spre exemplu au interacţionat în trecut) nu pot fi considerate strict independente chiar dacă ele se află infinit îndepărtate una de alta la momentul în care se face testarea. Astfel microobiectele care au avut odată o interacţie sînt inseparabil legate, încît [28—30] prin măsurarea proprietăţilor uneia se obţin informaţii asupra proprietăţilor celeilalte.

Aceste atribute structurale arată că microobiectele nu pot fi considerate nişte simple particule aşezate într-un gol-fizic, comunicînd între ele prin cîmpuri fizice (interacţii) şi avînd forme bine delimitate („corporale"), ci, dimpotrivă, localizabilitatea şi separabilitatea sînt, principial, mărginite. Inseparabilitatea microobiectelor cuantice fiind intim legată de ideile de bază ale mecanicii cuantice, ea este interpretată în moduri diferite: a) ea este considerată ca o insuficienţă principială a mecanicii cuantice care este estimată a fi o teorie a cărei valabilitate se reduce la explorarea, explicarea şi descrierea unui nivel superficial al fenomenalităţii cuantice şi care nu poate pătrunde la esenţa mai profundă a legilor fizice (nivelul subcuantic ignorat de această teorie a mişcării); b) ea este considerată ca fiind expresia obiectivă, de neevitat, a caracterului total al realităţii fizice (sistemicitate fizică în sensul cel mai extins),

care face imposibilă separarea absolută a componentelor (imposibilitate fundamentală, ontologică). Unitatea indisociabilă a realităţii fizice fiind admisă, proprietăţile fizice (masa; dar prin extensie şi celelalte proprietăţi) sînt presupuse a fi nu simple atribute individualizate, metafizice, ci dimpotrivă rezultatul interacţiei microobiectului de probă cu toate obiectele universului (sistemicitate fizică globală; în contextul ei nu există un vacuum total, care să anuleze orice contact între părţi).

Problematica non-separabilităţii este încă deschisă [28—31].

Natura microobiectelor („lucruri" cuantice), obligă gîndirea ştiinţifică la o radicală înnoire a cadrelor mentale tradiţionale, revizuire care nu poate afecta doar unele repere (conceptul de particulă etc.). Prin această dificilă, dar creatoare reforjare noetică gîndirea pătrunde tot mai adecvat în descrierea, înţelegerea şi interpretarea structualităţii fizice.

BIBLIOGRAFIE

1. O. Onicescu, *Mecanica*, Edit. tehnică, 1969.
2. O. Onicescu, *Mecanica invariantivă şi cosmologia*, Edit. Academiei, 1974.
3. L. Sofonea, N. Ionescu-Pallas, *Axiomatizarea mişcării invariantive a două corpuri*, St. cerc. astr., **17**, *1* (1972).

   L. Sofonea, N. Ionescu-Pallas, *Lagrangean formalism of the Onicescu's invariantive Mechanics*, Rev. Roum. Phys., **18**, *3* (1973).
4. L. Sofonea, N. Ionescu-Pallas, *Invariantiv field Theory*, Rev. Roum. Phys., **18**, *2* (1974).

   L. Sofonea, N. Ionescu-Pallas, *Mişcarea centrului de masă în mecanica invariantivă şi unele probleme astronomice*, Rev. Roum. Math. (în curs de publicare).

   L. Sofonea, *Hypostases du concept de Zero dans la pensée de la physique moderne*, V, Congres de logică, metodologie şi filozofie a ştiinţelor, London-Ontario, Canada, 1975.

   L. Sofonea, *La signification gnoseologique et méthodologique des invariants dans la théorie du mouvement*, Fundamenta Scientiae, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 1973.

   L. Sofonea, *Possibilités et implications d'une mécanique fondée sur le concept d'invariant*. Noesis II, Edit. Academiei (1974).
5. N. Ionescu-Pallas, L. Sofonea, *Modelul relativist al fondului cosmologic*, Conferinţa naţională a astronomilor, Oradea, 1974.
6. R. C. Tolman, *Relativity, thermodynamics, cosmology*, Univ. Press., Oxford, 1934.

   Mc. Vitie, *General Relativity and Cosmology*, Edit. Chapman-Hall, Ltd. Londra, 1956.
7. R. Adler, M. Bazin, M. Schiffer, *Introduction to General Relativity*, Mc. Graw-Hilk Book Company, New York, 1965.

8. N. IONESCU-PALLAS, Rev. Roum. Phys., **14**, *10* (1969).
9. L. SOFONEA, *Présence de l'infini dans la pensée de la physique classique*, Seminer sur les fondaments des Sciences, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 1973.
L. SOFONEA, *Hypostases du concept d'infini dans la pensée de la physique moderne*, Congresul XV de Istorie a Ştiinţelor, Tokyo, 1974.
10. N. IONESCU-PALLAS, L. SOFONEA, *Inertia, euclidian invariance, stability of motion*, Rev. Roum. Math. pures et apl. (în curs de apariţie).
11. A. MESSIAH, *Mécanique quantique*, Edit. Dunod, Paris, 1959.
12. L. LANDAU, E. LIFSITZ, *Mecanica cuantică*, Edit. tehnică, 1968.
13. V. BERESTETKI, E. LIFSITZ, L. PITAEVSKI, *Théorie quantique relativiste*, Edit. Mir, Moscova, 1972.
14. L. SOFONEA, *Concepţia cuantică relativistă asupra electronului*, St. cerc. fiz., **19**, *5* (1967).
15. D. IVANENCO, A. SOKOLOV, *Teoria clasică a cîmpului*, Edit. tehnică, 1952.
16. A. I. AHIEZER, V. B. BERESTATKI, *Kvatovaia electrodinamika*, Gos Izdat. Fiz.-mat., lit. Moscova, 1959.
17. J. SCHWINGER, *Quantum Electrodynamics*, Dover Publ., Inc, New York, 1958.
18. N. F. MOTT, H. W. S. MASSEY, The theory of Atomic Collissions, Oxford, 1949.
19. M. L. GOLDBERGER, K. M. WATSON, *Collission theory*, New York, John Willey, 1964.
20. N. N. GOBOLIUBOV, S. D. SHIRKOV, *V vedenie v teoriu kvantivannîh polei*, Moscova, 1957.
21. J. D. BJORKEN, S. D. DRELL, *Relativistic Quantum fields*, Mc. Graw-Hill Inc., New York, 1965.
22. R. KARLPUS, A. KLEIN ş.a. *Dezvoltarea cea mai recentă a electrodinamicii cuantice*, Moscova, 1954.
23. D. IVANENCO, A. SOCOLOV, *Teoria cuantică a cîmpului*, Studii Rom.-Sov., 1952.
24. L. SOFONEA, *Paradoxul trepidaţiei electronului*, Buletinul Institutului Politehnic Braşov, 1968.
25. V. NOVACU, T. VESCAN, *Teoria particulelor elementare*, Edit. Academiei, 1970.
26. P. ROMAN, *Theory of Elementary Particles*, North-Holland Press Comp-Amsterdam, 1960.
27. A. D. MARTIN, T. D. SPEARMAN, *Elementary particle theory*, North Holland Publ. Comp. Amsterdam, 1970.
28. B. EINSTEIN, B. PODOLSKY, ROSEN., Rev. Phys., **47**, 777 (1935).
29. J. S. BELL, Rev. Mod. Phys., **38**, 447 (1966); Physics, **1**, 195 (1965).
30. J. JAUCH, *Foundations of Quantum Mechanics*, Jphy Willey, Publ. Comp., 1972.
31. B. D'ESPAGNAT, *Conceptul foundations of Quantum Mechanics*, W. A. NEBenjamin inc., 1971.

• Operatorul uman în sisteme tehnice contemporane; o abordare sistemică

T. IONESCU şi A. GHEORGHE

În ciuda extraordinarelor progrese înregistrate de ştiinţă şi tehnologie omul a rămas şi va rămîne elementul principal al oricărui sistem. Indiferent de gradul de organizare al ierarhiei unui proces de conducere, deciziile majore revin omului, chiar dacă acesta este ajutat în luarea lor de către maşini, a căror „inteligenţă" s-a obţinut tot prin efortul creator al unor minţi omeneşti. În lucrarea de faţă se vor face referiri la două categorii de sisteme. Prima este aceea aferentă proceselor numeroase care nu sînt conduse prin calculatoare electronice şi în cadrul cărora activitatea operatorului uman de a lua decizii şi a acţiona corespunzător se bazează pe obţinerea de informaţii referitoare la proces şi pe prelucrarea adecvată a acestora. O a doua categorie este cea a proceselor conduse prin calculator, în cadrul cărora operatorul nu mai interacţionează direct cu procesul, ci prin intermediul calculatorului. Proiectarea corespunzătoare a interacţiunii om-proces, directă sau indirectă, constituie garanţia unei bune funcţionări a sistemului precum şi a unui regim adecvat de activitate al operatorului. Întrucît interfaţa om-proces nu se reduce doar la un panou cu butoane, becuri şi aparate de măsură, proiectarea acesteia trebuie să ţină seama de o serie de caracteristici fiziologice ale omului.

Abordarea cu adevărat ştiinţifică a sistemelor om-proces se face în mod interdisciplinar, pe baza simbiozei între teoria informaţiei, teoria deciziei şi teoria reglării automate. O astfel de abordare trebuie să pornească de la premisa utilizării celei mai raţionale a operatorului în cadrul unui sistem, impunîndu-se deci abordarea sistemică a poziţiei sale. Dintre numeroasele modele posibile se consideră cel din figura 1. În cadrul unei astfel de configuraţii operatorul uman are rolul de a prelucra informaţia şi de a lua decizia în conformitate cu o strategie prestabilită. Similaritatea cu schema structurală clasică a unui sistem de

reglare automată este evidentă. Interacţiunea prin intermediul interfeţei a operatorului cu procesul condus se face pe două canale : canalul de acţionare prin care se implementează deciziile luate în legătură cu conducerea şi canalul de informare, prin care se obţin informaţiile necesare luării deciziei în legătură

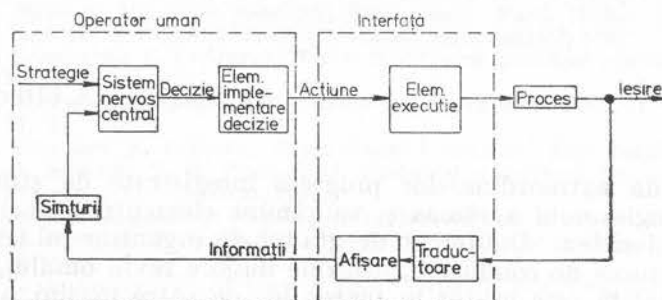


Fig. 1

cu procesul condus. Este de menţionat faptul că un astfel de model permite studierea comportării operatorului uman indiferent de faptul dacă acesta este asistat sau nu de un calculator. De aceea se vor analiza caracteristicile fiecăruia din cele două canale menţionate, după care se vor formula factorii esenţiali care trebuie luaţi în consideraţie la proiectarea oricărei interacţiuni om-proces [1].

Canalul de informare

Obţinerea de informaţii asupra procesului condus se face — în cea mai mare parte — prin intermediul vederii. Parametrii de interes ai procesului sînt convertiţi în mod convenabil în semnale vizuale, afişate. Informaţia afişată poate fi de tip discret sau continuu. Din prima categorie fac parte semnalele luminoase, precum şi sistemele cu afişare numerică. În cea de-a doua categorie se încadrează indicaţiile aparatelor de măsură cu măsurare continuă. Este interesant a menţiona că ochiul omenesc poate sesiza aproape 600 străluciri relative şi poate identifica între trei şi cinci străluciri absolute. Separarea spaţială a vederii este deosebită, calitate la care se adaugă capacitatea de a aprecia dimensiunile în profunzime ale imaginilor. Separarea în timp depinde de inerţia retinei şi se încadrează, de obicei, în gama

40–400 ms. Aceste elemente sînt argumente în plus la culegerea informaţiilor aproape exclusiv prin intermediul vederii.

În comparaţie cu simţul văzului, auzul are performanţe mult mai slabe. Dintre calităţile acestuia se poate cita separarea bună între sunete. Separarea spaţială este cu mult mai slabă în cazul văzului. În practică auzul este utilizat doar pentru semnalizări ale unor evenimente ieşite din comun tocmai ca rezultat al slabei discriminări spaţiale, întrucît un semnal acustic de avarie este cu mult mai eficient decît unul luminos.

Alte simţuri sînt de folos mai ales pentru sesizarea unor situaţii de excepţie. În această categorie se încadrează mirosul şi simţul de detectare a temperaturii. Simţul tactil este utilizat în conjuncţie cu codificarea prin formă a diferitelor butoane şi manete de comandă.

Pentru anumite procese speciale, legate îndeosebi de conducerea maşinilor în mişcare (avioane, trenuri etc.) simţul de acceleraţie liniară şi unghiulară are o deosebită importanţă în conceperea maşinilor amintite, îndeosebi la luarea măsurilor de limitare a acceleraţiilor în scopul evitării pierderii controlului şi a apariţiei senzaţiei de dezorientare.

Poate fi considerată ca simţ şi abilitatea omului de a detecta trecerea timpului, ceea ce permite detectarea distribuţiei evenimentelor aleatoare cu frecvenţă redusă de apariţie.

În considerarea caracteristicilor de mai sus trebuie să se ţină seama de o serie de factori, dintre care se pot aminti :

— simţurile interacţionează şi, din punct de vedere sistemic, este dificil a le decupla pentru a le studia în mod separat efectele. Acest fenomen ridică greutăţi îndeosebi la modelarea matematică a proceselor create de diverşi stimuli în condiţiile în care semnale de naturi diferite, dar cu aceleaşi semnificaţii, acţionează simultan asupra operatorului uman ;

— există o dependenţă neliniară a senzaţiei în raport cu stimulul care a produs-o. Neliniaritatea se manifestă prin fenomene de prag, de saturaţie, precum şi prin variaţia continuă, dar neliniară, a senzaţiei între limitele extreme. În condiţii favorabile pragurile absolute pot fi deosebit de scăzute, mai scăzute decît la cele mai perfecţionate traductoare. În acest sens se pot da ca exemple vederea şi simţul de temperatură. Fenomenul de saturaţie conduce la tulburări te porare sau chiar permanente, influenţînd în mod substanţial şi capacitatea de a lua decizii de care dispune operatorul uman. Variaţia continuă neliniară a senzaţiei — între limitele extreme — în funcţie de stimuli a

fost exprimată prin mai multe relaţii, de exemplu prin funcţii logaritmice sau prin puteri;

— există o remarcabilă capacitate de discriminare a semnalului în condiţii de zgomot, ca urmare a prelucrării primare a informaţiei recepţionate de către operatorul uman. Deşi s-au depus eforturi însemnate în domeniul inteligenţei artificiale, recunoaşterea formelor de către om este cu mult superioară celei prestate de maşini;

— acumularea de informaţii cu caracter aleator şi care apar la intervale mari de timp este îndeplinită de către operatorul uman cu mult mai comod decît de către maşini.

Canalul de acţionare

În marea majoritate a sistemelor implementarea deciziilor luate de către operatorul uman se realizează prin intermediul muşchilor. Acesta acţionează asupra unor butoane, manete, roţi de manevră ale unor robinete etc. De asemenea, sînt cazuri în care trebuie acţionate pedale, îndeosebi în cadrul vehiculelor aflate în mişcare. Precizia mişcării realizate prin intermediul muşchilor depinde de mai mulţi factori, printre care: grupele de muşchi implicate, poziţia membrelor, amplitudinea mişcării, direcţia acesteia, precum şi forţa de acţionare necesară. În general se poate spune că mişcarea realizată prin intermediul muşchilor este lipsită de precizie în absenţa reacţiei negative, în majoritatea cazurilor realizată vizual. Mişcările de amplitudine mică prezintă tendinţa de supraurmărire şi pot degenera în uşoare oscilaţii în jurul poziţiei finale. Mişcările de amplitudine mare tind să aducă fără supraurmărire obiectul manipulat în poziţia finală.

Ca urmare a progreselor realizate în domeniul recunoaşterii formelor, vocea începe să devină un element posibil de implementare a deciziilor. Vocea este convertită în semnale numerice care, filtrate de elementele necaracteristice introduse prin timbrul fiecărui individ, constituie semnale de comandă ale elementelor de execuţie ale procesului condus. De asemenea, vocea este utilizată pentru comanda dată de un dispecer central mai multor operatori locali, aşa cum se întîmplă în energetică sau chimie, sau pentru indicaţiile date de mai mulţi dispeceri unui operator, ca în cazul aterizării avioanelor.

Pentru aplicaţii speciale, legate îndeosebi de tehnica aerospaţială, s-a recurs şi la alte elemente pentru canalul de acţionare, şi anume mişcarea ochilor, temperatura pielii, răspunsul galvanic al acesteia, semnale electrice de tipul celor utilizate la

electrocardiograme şi electroencefalograme. Numărul acestor aplicaţii este redus şi nu se întrevăd extinderi prea mari în viitor, ca urmare a lipsei de confort la care este supus operatorul.

Canalul de acţionare de care dispune operatorul uman este supus la două mari restricţii: frecvenţa de acţionare şi oboseala. Trebuie remarcată dependenţa aproximativ liniară între viteaza de execuţie şi precizia realizată, ca şi oboseala care apare chiar la frecvenţe mici atunci cînd procesul de acţionare implică forţe importante.

Integrarea operatorului uman în procesul condus

După cum s-a mai arătat, rolul operatorului uman în cadrul unui proces de conducere este acela de a prelucra informaţiile disponibile şi de a lua şi implementa decizii în conformitate cu o strategie prestabilită. În principal, sarcina sa este aceea de „urmărire", adică de a acţiona astfel încît mărimile de ieşire ale procesului condus să fie cît mai puţin diferite de mărimile de ieşire ale unui model al procesului condus. Modelul poate fi realizat fizic sau poate fi de natură conceptuală. În figura 2 se prezintă două posibilităţi de urmărire; figura 2*a* este aferentă cazului în care se afişează mărimea de ieşire dorită şi cea realizată, aceasta din urmă putînd fi influenţată de către operator; figura 2*b* se referă la cazul în care se face diferenţa între mărimea de ieşire dorită şi cea realizată, operatorul avînd sarcina de a menţine eroarea rezultantă cît mai aproape de zero.

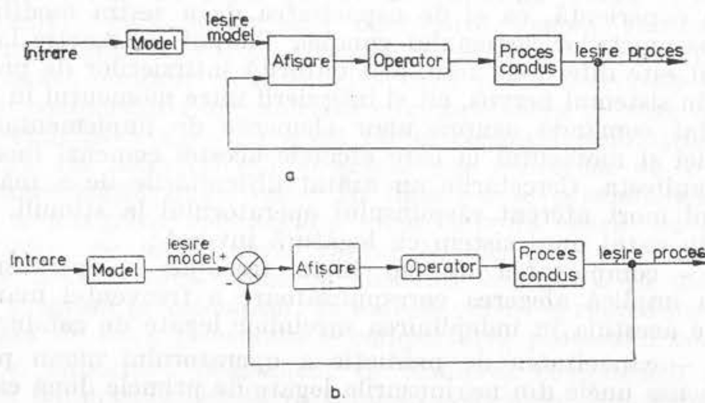


Fig. 2

În ambele cazuri comportarea operatorului depinde într-o măsură importantă de tipul de afişare. Întrucît elementul esenţial al canalului de informare îl constituie vederea, afişarea se face — în majoritatea cazurilor — vizual, avertizările sonore sau de altă natură fiind rezervate situaţiilor de excepţie. S-au efectuat numeroase studii asupra elementelor de afişare [2, 3]. Sînt interesante aspectele legate de soluţiile de compromis la care trebuie să recurgă proiectantul unui sistem de afişare. Una dintre acestea se referă la afişarea numerică sau analogică, prima oferind posibilităţi mai reduse de citire eronată, a doua avînd avantajul simplităţii. Proiectantul are de ales între afişarea separată şi cea integrată. Acesta este cazul schemelor sinoptice, care se pot prezenta — prin diapozitive — sub forma unor secţiuni mici şi suficient de detaliate ale schemei tehnologice a procesului condus sau pot fi realizate pentru a reproduce în întregime întregul proces. În cadrul unor astfel de scheme proiectantul are de ales între a reprezenta elementele prin litere sau prin simboluri, monocrome sau policrome, de diferite forme sugestive. Un element care poate părea mai puţin însemnat este acela al concordanţei între sensul de deplasare al unui element de comandă şi sensul de deplasare al indicatorului efectului avut de comandă asupra procesului. S-a demonstrat practic că erorile de manipulare se reduc, ca şi timpul de instruire a operatorului, dacă cele două sensuri corespund.

În integrarea unui operator în procesul de conducere trebuie să se ţină seama de mai multe caracteristici importante, dintre care se pot menţiona :

— comportarea în timp depinde de gradul de pregătire şi de experienţă, ca şi de capacitatea de a sesiza modificări ale parametrilor sistemului condus. Timpul de reacţie la un stimul este diferit de zero, atît datorită întîrzierilor de propagare în sistemul nervos, cît şi întîrzierii între momentul în care s-a dat comanda asupra unor elemente de implementare a deciziei şi momentul la care efectele acestei comenzi încep a se manifesta. Cercetările au arătat dificultăţile de a măsura timpul mort aferent răspunsului operatorului la stimuli, mai ales în cazul unui sistem cu legătură inversă ;

— comportarea de tip filtru trece-jos a operatorului uman implică alegerea corespunzătoare a frecvenţei maxime cerute acestuia în îndeplinirea sarcinilor legate de conducere ;

— capacitatea de predicţie a operatorului uman poate compensa unele din neajunsurile legate de primele două caracteristici prezentate mai sus. S-a demonstrat existenţa unei

mai bune capacităţi a operatorului de a „prezice" comportarea unor mărimi de ieşire cu caracter determinist în comparaţie cu mărimi cu caracter aleatoriu ;

— uneori comportarea operatorului uman nu este predictibilă, ea diferind pentru aceeaşi activitate urmărită de-a lungul mai multor experimentări. S-a constatat că pe măsura creşterii experienţei şi în condiţiile unei pregătiri adecvate comportarea sa tinde a se stabiliza, ceea ce permite descrierea printr-un model deterministic a performanţei operatorului în sens statistic.

Pe baza experienţei acumulate în prezent se poate afirma că un operator uman are o capacitate de prelucrare — din punct de vedere calitativ — a informaţiei cu mult peste cea a celor mai perfecţionate automate. Performanţele sale (relativ slabe în comparaţie cu calculatoarele) în domeniul efectuării de calcule şi al examinării sistematice a unei mulţimi de alternative posibile în scopul obţinerii celei optime sînt cu prisosinţă compensate de abilitatea de a utiliza inteligenţa în adaptarea la noile situaţii pe baza experienţei anterioare şi a aplicării unor principii universal valabile. În conceperea sistemelor om-maşină este necesar a se ţine seama de tendinţa operatorului de a scoate sistemul din stabilitate, ceea ce necesită compensări pentru menţinerea stabilităţii. În scopul evitării unor situaţii în care operatorul ar trebui să se comporte ca un regulator complex PID, se acceptă că el trebuie „ajutat" prin a i se cere doar comportări de tip P, componentele integrale şi derivative fiind introduse prin corecţii. Dintre cele mai uzuale scheme de acest gen se menţionează cea cu elemente predictive, care informează operatorul asupra rezultatelor acţiunilor proprii, neţinînd seama de adevărata comportare a procesului condus. Afişarea ţine cont şi de derivatele erorii între comportarea operatorului şi comportarea pe care acesta ar trebui să o aibă. În acest fel el constată tendinţele care rezultă din acţiunile sale şi acesta este un mijloc de a evita supraurmăririle importante. În figura 3 se prezintă schema bloc a integrării operatorului uman într-un sistem cu afişaj predictiv. Se menţionează faptul că elementul de predicţie poate fi fie realizat fizic cu elemente hardware, fie simulat prin program pe calculator. În ambele cazuri el reproduce — la o scară de timp accelerată — comportarea procesului condus.

Un important instrument în studierea comportării sistemului om-maşină constă în simularea acestuia. Simularea urmează, în linii mari, aceleaşi etape ca şi cea a proceselor care

nu implică prezența omului. În mod suplimentar se ține seama de faptul că performanța variabilă în timp a operatorului uman include elemente aparent fără legătură cu intrarea, elemente care pot fi descrise doar în mod probabilist. Acest lucru implică utilizarea de metode statistice. Dată fiind variabilitatea în

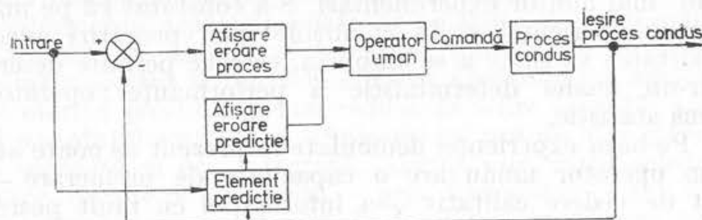


Fig. 3

timp a comportării operatorului uman este necesar a se efectua mai multe experiențe cu același scop, experiențe care trebuie efectuate în timp real ca urmare a includerii operatorului în cadrul simulării. În fine, sînt necesare măsuri speciale de precauție în scopul evitării eventualelor vătămări la care ar putea fi supus operatorul pe durata simulării. În acest scop se extinde din ce în ce mai mult simularea cu ajutorul calculatoarelor, în deosebi analogice, ceea ce permite diversificarea situațiilor create și asigură o bună protecție a celor ce iau parte la simulare. De notat tendința de înlocuire a simulatoarelor analogice prin simulatoare hibride sau numerice ca urmare a progreselor în echipamente și software-ul aferent.

În cele de mai sus s-au prezentat principalele probleme care stau în fața unui proiectant al unui sistem om-mașină. Pe măsura dezvoltării de noi tehnologii și echipamente de conducere rolul operatorului uman se va limita din ce în ce mai mult la luarea unor decizii vitale, în timp ce activitatea sa de comandă directă a procesului se va diminua. Indiferent de tipul de conducere, este necesar ca omului să i se asigure cele mai bune condiții de muncă, fiind cel mai prețios capital de care dispunem.

BIBLIOGRAFIE

1. J. G. Beishon Peters, *Systems Benhaviour*, Open University Press, London, 1972.
2. H. H. Poole, *Fundamentals on Dysplay Systems*, Spartan Books, Washington, 1966.
3. H. R. Luxenberg, R. L. Kueh, *Display Systems Engineering*, Mc Graw Hill, New York, 1968.

Substratul material al gîndirii abstracte*)

E. MACOVSCHI

Generalități

Gîndirea abstractă specifică omului, rezultat al activității nervoase superioare, este un proces extrem de complicat, care se desfășoară la nivelul scoarței cerebrale umane cu participarea formațiunilor subcorticale. Prin abstractizare, generalizare și cauzalizare procesul de gîndire abstractă ne permite să ajungem la noțiuni și idei, la judecăți și raționamente, la analiză și sinteză, la constatarea existenței proprii și a naturii înconjurătoare, la integrarea în timp și spațiu a raporturilor noastre cu realitatea, la cunoașterea și stăpînirea legilor naturii etc.

Substratul anatomo-histo-citologic al formațiunilor din creier care participă la desfășurarea fenomenelor gîndirii abstracte, e cunoscut.

Multe se cunosc și despre substratul fiziologic al acestei gîndiri. Cercetările au arătat că spre deosebire de gîndirea concretă, senzorială, proprie atît animalelor cît și omului și bazată pe mecanisme care reflectă raporturile directe cu realitatea, gîndirea abstractă, specifică numai omului, se bazează pe mecanisme mult mai complexe, calitativ deosebite de primele, superioare acestora și esențiale pentru desfășurarea acestei activități cerebrale.

Se cunoaște cîte ceva și despre unele aspecte ale biochimismului din creier, biochimism care se repercutează asupra gîndirii.

Cît privește însă esența substratului material al gîndirii abstracte nu se știe încă nimic. Pînă acum nu au fost propuse ipoteze care să aducă precizări în acest domeniu, deși problema

*) În parte, ideile din această lucrare au fost prezentate de autor în studiile anterioare care figurează la bibliografie (N. ed.)

are importanța ei. În adevăr, de cunoașterea substratului material al gîndirii abstracte depinde :

— lămurirea raportului dintre fenomenele gîndirii abstracte și substratul lor material, deci posibilitatea elaborării unor metode de influențare a acestei gîndiri prin acțiuni exercitate asupra substratului menționat ;

— descoperirea mecanismelor bolilor psihice însoțite de tulburări ale gîndirii abstracte și, deci, elaborarea metodelor terapeutice adecvate ;

— lămurirea mecanismelor prin care gîndirea abstractă ne permite prin autosugestie să influențăm fenomene biologice, biochimice și biofizice din propriul organism ;

— lămurirea mecanismelor prin care fenomenele biologice, biochimice și biofizice din organismul nostru se repercutează asupra substratului material al gîndirii abstracte și, deci, asupra gîndirii abstracte însăși ;

— descoperirea esenței materiale a fenomenelor parapsihologice în cadrul cărora, printr-un efort al gîndirii abstracte, al voinței, omul poate influența la distanță atît semenii săi cît și ființele vii din lumea înconjurătoare etc.

Cercetările în toate aceste domenii necesită elaborarea unor ipoteze de lucru ținîndu-se seamă că gîndirea abstractă se desfășoară cu participarea materiei vii a scoarței cerebrale umane și că în privința materiei vii există două teorii științifice adecvate: teoria moleculară a materiei vii și teoria biostructurală. Astfel, pornind de la aceste teorii am putut contura două ipoteze relative la substratul material al gîndirii abstracte, dintre care o ipoteză moleculară și alta biostructurală. Le vom prezenta pe rînd.

Ipoteza moleculară a substratului material al gîndirii abstracte

Ipoteza moleculară a substratului material al gîndirii abstracte se desprinde din teoria moleculară a materiei vii adecvată concepției filozofice materialist mecaniciste.

Conform acestei teorii materia din care sînt alcătuite organismele vii (deci și scoarța cerebrală umană) este aceeași materie care alcătuiește organismele moarte (J. Brachet, 1959, p. 336 ; R. Carrington, 1960, p. 63 ; M. V. Ovenden, 1965, p. 62) ; fenomenele biologice (deci și fenomenele gîndirii abstracte) „se reduc" la fenomene chimice și fizice, iar legile biologice după care se produc fenomenele biologice (deci și legile logicii după care se produc fenomenele gîndirii abstracte) „se reduc" la cunoscutele legi ale chimiei și fizicii (J. Chevalier, 1936, p. 546 ; B. Russel, 1957, p. 68 ; A. A. Markov, 1964, p. 169 ; J. Haas, 1964, p. 277) ; viața este considerată ca un proces chimic, ca rezultanta metabolismului alcătuit din totalitatea fenomenelor chimice coordonate în organism (J. A. Butler, 1957, p. 28 ; J. D. Bernal, 1964, p. 644 ; E. M. Kosover, 1964, p. 9 ; P. Karlson, 1967, p. 17 ; E. Baldwin, 1967, p. 209 ; J. Cotăescu, 1968, p. 239 ; E. Stancu, 1970, p. 374—375).

„Materialismul mecanicist larg răspîndit printre biologii secolului trecut și celui actual, consideră viața ca o însușire generală a materiei. După cum afirmă mecaniciștii nu există deosebiri principiale dintre organismele și corpurile naturii anorganice. Aceleași legi ale fizicii și chimiei, care domnesc în lumea anorganică, dirijează, chipurile, și toate fenomenele care se produc în organismele vii. Nu există nici un fel de legi biologice specifice. De aceea p ntru mecaniciști cunoașterea vieții se reduce numai la o cît mai completă explicare a vieții prin fizică și chimie și la o cît mai completă reducere a tuturor fenomenelor vieții la procese fizice și chimice. (A. I. Oparin, 1952, p. 140).

„Din punct de vedere pur chimic, asimilarea și dezasimilarea, întregul schimb biologic de substanțe reprezintă un ansamblu complex, format dintr-un număr enorm de reacții foarte simple și relativ uniforme. Acest a sînt reacțiile oxidării, reducerii, hidrolizei, fosforolizei, condensării aldolice, transferului grupărilor aminice și metilice etc., bine cunoscute chimiștilor și ușor reproduse în afara organismului viu, în condiții de laborator, Dar în nici una din ele nu se observă vreo manifestare specifică vieții".

„Ceea ce este specific pentru organizarea protoplasmei în timp pentru schimbul biologic de substanțe, este coordonarea riguroasă, îmbinarea armonioasă a reacțiilor, care nu se succed întîmplător, ci într-o ordine foarte precisă, guvernată de legi, formînd lanțuri lungi, drepte și ramificate, precum și cicluri închise de transformări chimice, așa cum s-a arătat mai sus pentru rețeaua de reacții ce se desfășoară în sistemele deschise". ...

„Dar ființele vii diferă principial de toate aceste sisteme printr-o anumită orientare a metabolismului lor, printr-o mare „finalitate" a organizării lor interne. Zecile și sutele de mii de reacții chimice ce se săvîrșesc în protoplasmă și în ansamblul lor constituie metabolismul, nu numai că sînt riguros coordonate în timp, nu numai că se îmbină armonios într-o ordine unitară de permanentă regenerare, dar însăși această ordine este orientată spre un singur scop — autoconservarea și autoreproducerea continuă a întregului sistem viu, într-o coordonanță cît mai riguroasă cu condițiile mediului ambiant". (A. I. Oparin, 1960, p. 322 și 336).

Aplicînd postulatele teoriei moleculare a materiei vii la materia scoarței cerebrale umane ajungem la *ipoteza moleculară a substratului material al gîndirii abstracte*, ale cărei teze ar putea fi formulate în modul următor :

— Gîndirea abstractă se manifestă în cadrul materiei moleculare din care este alcătuită scoarța cerebrală umană.

— Fenomenele gîndirii abstracte „se reduc" la fenomene chimice și fizice.

— Legile logicii, după care se produc fenomenele gîndirii abstracte „se reduc" la legile chimiei și fizicii.

— Interrelațiile dintre gîndirea abstractă și diferite fenomene biochimice, biofizice și biologice din organism, depind de desfășurarea metabolismului și sînt condiționate de el.

— Specificul substratului material al gîndirii abstracte trebuie căutat în alcătuirea chimică a materiei scoarței cerebrale umane și în metabolismul care se desfășoară la nivelul ei.

În contextul acesta problema substratului material al gîndirii abstracte pare a fi principial lămurită, cu atît mai mult cu cît „principiul reducerii" fenomenelor și legilor de o categorie la fenomene și legi de o altă categorie permite orice explicație în caz de nevoie. Dar, dacă am încerca să aflăm, măcar aproximativ, în ce anume constă și cum se realizează menționatele „reduceri" de fenomene și legi, am constata că în această privință nu se știe nimic.

Ipoteza biostructurală a substratului material al gîndirii abstracte

Ipoteza biostructurală a substratului material al gîndirii abstracte se desprinde din teoria biostructurală a materiei vii adecvată concepției filozofice materialist dialectice.

Conform acestei teorii materia biosică din care sînt alcătuite organismele vii (deci și scoarța cerebrală umană) este formată din materia biostructurată, calitativ deosebită de materia nevie obișnuită, și din materia moleculară coexistentă, cu compoziția chimică deosebită de aceea a materiei moleculare din afara organismelor ; fenomenele biologice (deci, și fenomenele gîndirii abstracte) sînt fenomene specifice, deosebite calitativ și superioare fenomenelor chimice și fizice, iar legile biologice după care se produc fenomenele biologice (deci și legile logicii după care se produc fenomenele gîndirii abstracte) sînt legi calitativ deosebite de legile chimiei și fizicii și superioare acestora ; viața este considerată ca mișcarea biologică a materiei calitativ deosebită și superioară mișcării chimice și fizice (E. Macovschi, 1969, 1972).

„*Biostructura*, parte din materia protoplasmei vii, purtătoare a proprietăților specifice viului, integrată într-o structură cu totul specială, indisolubil legată de substanța intracelulară, de la care primește atît energia necesară menținerii integrității sale, cît și substanțe ce devin componente ale ei. Sin. *materie biostructurată*. Integrarea moleculelor diferitelor substanțe intracelulare în biostructură necesită un aport energetic specific. Componentele biostructurii nu prezintă alcătuirea moleculară, caracteristică materiei nevii, deși acestea redevin molecule deîndată ce se desprind din ea. Soluția intracelulară, așa cum rezultă din cercetările făcute, constă din apă și diferite substanțe hidrosolubile, are alcătuirea moleculară obișnuită, reprezintă materia nevie cuprinsă în viu și alcătuiește sediul obligatoriu al biostructurii. De reținut este constatarea logică, după care biostructura există numai în cadrul unității indisolubile cu soluția intracelulară, care la rîndul ei nu poate exista decît în prezența și în interacțiune cu biostructura. Coexistența biostructurii și a soluției intracelulare constituie caracteristica și specificul protoplasmei vii, deosebită de protoplasma moartă lipsită de biostructură. Organismele vii se deosebesc între ele și după particularitățile biostructurii. Moartea protoplasmei începe cu procesul de destrămare a biostructurii și este însoțită întotdeauna de eliberare de energie. Biostructura este un sistem biologic dinamic, în continuă dezvoltare, reprezentînd stadiul superior biologic al dezvoltării și existenței materiei". (A. Potlog, V. Velican, 1974, p. 35–36).

„Cu privire la structura materiei vii (a protoplasmei) nu există o unitate de păreri. Majoritatea autorilor în interpretarea acestui fenomen, pornesc în esență de la ideea că moleculele diferitelor substanțe chimice din componența protoplasmei au o comportare asemănătoare cu aceea pe care o au „*in vitro*" (în stare izolată) în materia nevie. O părere deosebită a emis, în această privință, E. Macovschi. Acest autor pornește de la ideea că „protoplasma vie este alcătuită din două feluri distincte de materie, formate din aceleași materiale—materia vie și materia nevie—care se întrepătrund și se află în relații de coexistență funcțională". Materia vie, care se formează prin asimilarea diferitelor substanțe ale materiei nevii, are o structură specială (*biostructura*) și imprimă întregii protoplasme comportarea caracteristică, biologică. *Biochimismul* protoplasmei cuprinde procesele ce se desfășoară în materia nevie a protoplasmei, iar cele ce au loc în materia vie constituie *metabolismul* ei (asimilația — deci integrarea substanțelor chimice în structura materiei vii și dezasimilația — ieșirea lor din structura materiei vii). Prin integrarea substanțelor chimice în materia vie se produc schimbări importante ale unor însușiri ale lor, fără a afecta în mod principial structura lor chimică. Integrarea în materia vie duce la apariția unor particularități noi, care se pierd odată cu ieșirea substanței din materia vie. În felul acesta *structura materiei vii nu poate fi echivalată cu structura componentelor chimice ale ei*, nu ea este o entitate aditivă ci reprezintă un „întreg" cu însușiri și calități proprii ale întregului, în care componentele integrate în partea vie a protoplasmei sînt în stări și interacțiuni speciale, acelea care dau naștere mișcării biologice. Această ipoteză deschide un important domeniu de cercetare a materiei vii prin prisma integralității ei". (N. Botnariuc, 1974, p. 45–46).

Aplicarea postulatelor teoriei biostructurale a materiei vii la materia scoarței cerebrale umane duce la *ipoteza biostructurală a substratului material al gîndirii abstracte*, ale cărei teze pot fi formulate în modul următor :

— Gîndirea abstractă se manifestă la nivelul scoarței cerebrale umane în cadrul materiei biosice, formată din materia biostructurată și materia moleculară coexistentă.

— Fenomenele gîndirii abstracte sînt fenomene biologice și se deosebesc calitativ de fenomene chimice și fizice, fiind superioare acestora.

— Legile logicii după care se produc fenomenele gîndirii abstracte reprezintă o categorie a legilor biologice și se deosebesc calitativ de legile chimiei și fizicii, fiind superioare lor.

— Interrelațiile dintre gîndirea abstractă și diferite fenomene biochimice, biofizice și biologice din organism, depind și sînt condiționate de materia biostructurată a scoarței, de raporturile ei cu materia moleculară coexistentă și de biochimismul care se desfășoară în aceasta din urmă.

— Specificul substratului material al gîndirii abstracte trebuie căutat în alcătuirea materiei biostructurate și a materiei moleculare a scoarței, precum și în biochimismul care se desfășoară la nivelul acesteia.

În contextul acesta problema substratului material al gîndirii abstracte capătă cu totul alt conținut decît în cadrul ipotezei moleculare și implică cercetări îndreptate în alte direcții.

★

Pînă aici am prezentat două ipoteze privind substratul material al gîndirii abstracte :

— ipoteza moleculară, bazată pe presupunerea că fenomenele gîndirii abstracte „se reduc" la fenomene chimice și fizice, și că legile logicii „se reduc" la legile chimiei și fizicii ;

— ipoteza biostructurală, bazată pe presupunerea că fenomenele gîndirii abstracte sînt fenomene biologice și că legile logicii sînt și ele legi biologice.

Dar mai este posibilă și o a treia presupunere. Se poate admite că fenomenele gîndirii abstracte și legile logicii sînt fenomene și legi specifice, deosebite calitativ atît de fenomene și legi chimice și fizice, cît și de cele biologice, fiind superioare acestora.

Conform principiului unității calităților însușirile calitativ deosebite și superioare, sînt „purtate" de o materie corespunzătoare, calitativ deosebită și superior organizată. Înseamnă că scoarța cerebrală umană este alcătuită dintr-o materie specială, calitativ deosebită și superior organizată față de materiile moleculară și biosică. Cum această materie specială se deosebește de celelalte prin însușirea ei de a condiționa gîndirea abstractă, o putem numi „materia noesică" (de la cuvîntul elin noesis = gîndire).

Dacă în scoarța cerebrală umană există materia noesică, trebuie să ne ocupăm întîi de această materie pentru ca apoi pe baza ei să trecem la elaborarea unei ipoteze corespunzătoare privind substratul material al gîndirii abstracte.

Odată conturată noțiunea de materie noesică, necunoscută pînă acum în chimie și biologie, se pune problema precizării specificului acestei materii oglindit în particularitățile ei structurale și calitative. În acest scop luăm în considerare faptul că apariția unui sistem calitativ superior se realizează de obicei prin dezvoltarea unui sistem corespunzător precedent, inferior calitativ. Putem, deci, admite că materia noesică, calitativ superioară a apărut prin dezvoltarea materiei biosice obișnuite inferioară ei din punct de vedere calitativ. Bineînțeles acest fenomen „mutațional" a fost determinat de activitatea specific umană, care s-a repercutat asupra materiei biosice a scoarței cerebrale. Dar dacă materia noesică a apărut prin dezvoltarea materiei biosice, atunci dialectica dezvoltării ne poate arăta calea spre cunoașterea specificului materiei noesice și spre lămurirea raporturilor ei cu materia biosică obișnuită.

Conform dialecticii dezvoltării, mișcarea de la inferior la superior, de la simplu la complex, poate fi înfățișată figurat sub forma spiralei, la care fiecare spiră nouă este formată din aceleași verigi ca și cea precedentă, dar situate deasupra acelora.

„Să analizăm acum problema formelor dezvoltării progresive. Mișcarea de la inferior la superior, de la simplu la complex poate fi înfățișată figurat nu sub forma liniei drepte sau a cercului, ci sub forma spiralei. Noțiunea de „negare a negației" oglindește această formă în spirală a dezvoltării. După cum ne arată numeroase date luate din istoria naturii, societății și gîndirii, dezvoltarea cuprinde de obicei momentul reîntoarcerii pe o treaptă superioară la momentul inițial, dar o reîntoarcere pe o bază nouă, mai înaltă. Tocmai aceasta este forma dezvoltării asemănătoare spiralei : sfîrșitul fiecărei spire sau al fiecărui cerc al spiralei se apropie de început dar nu în cadrul vechii spire, al vechiului cerc, ci în cadrul unei spire noi, al unui cerc nou dispus deasupra celui vechi. Treapta superioară a dezvoltării care apare ca o negare a negației încheie un anumit ciclu — mare sau mic — al dezvoltării și, într-o serie de cazuri, se constată că punctul superior al dezvoltării este parcă o reîntoarcere la punctul inițial, de plecare al dezvoltării, dar pe o bază mai înaltă"... „Prin urmare, negarea negației nu repetă pur și simplu momentul inițial ci include, „sintetizează" toate realizările treptelor precedente ale dezvoltării, reproducînd pe treapta superioară a ciclului unele trăsături ale treptei inițiale", (B.F.M., 1962, p. 302—303).

„Încă un exemplu. Practica apare drept începutul, drept punctul inițial al teoriei : teoria răspunde cerințelor și trebuințelor practicii. Dar apărută pe baza practicii, teoria se adresează din nou practicii. Numai practica poate demonstra adevărul teoriei și numai în activitatea practică a oamenilor se realizează cuceririle teoriei. Dezvoltarea cunoașterii are loc de la practică la teorie și de la teorie din nou la practică, dar de data aceasta îmbogățită cu cunoașterea teoretică a realității. Sfîrșitul fiecărui ciclu — practica — este totodată începutul unui nou ciclu al dezvoltării cunoașterii. Noul ciclu va fi format din aceleași verigi, dar el va fi un cerc nou, superior al spiralei". (B.F.M., 1962, p. 307).

În cazul materiei verigile unei spire reprezintă particularitățile structurale și calitative pe care materia le dobîndește cînd parcurgînd o etapă a dezvoltării (o spiră, un cerc al spiralei) trece de la treapta inferioară de dezvoltare (reprezentată de începutul spirei) la treapta imediat superioară (reprezentată de sfîrșitul spirei dispus deasupra începutului ei). Aceste particularități se oglindesc în tezele teoriilor privitoare la materia care a parcurs o etapă (o spiră) a dezvoltării. Parcurgînd apoi o nouă etapă a dezvoltării (o nouă spiră, superioară celei precedente), materia dobîndește noi particularități structurale și calitative, deosebite de cele precedente și superioare lor. Particularitățile noi includ, „sintetizează", particularitățile vechi, cîștigate în cursul etapelor precedente ale dezvoltării și caracterizează materia ajunsă la o nouă treaptă de dezvoltare (reprezentată de sfîrșitul spirei noi). Noi particularități impun însă noi teze, deci și noi teorii.

Rezultă că o teorie privind materia se referă, în general, numai la o singură treaptă de dezvoltare a acesteia, reflectă numai o singură etapă a dezvoltării și nu se aplică la alte trepte, fie inferioare, fie superioare, prin care materia trece în cursul dezvoltării ei. Deci, dacă cele trei forme ale materiei ; moleculară, biosică și noesică reprezintă trei trepte succesive ale dezvoltării, înseamnă că fiecare din ele necesită teorii proprii, inaplicabile celorlalte. În consecință teoria moleculară a materiei nevii nu poate fi aplicată la materia biosică, iar teoria biostructurală a materiei biosice nu poate fi aplicată la materia noesică.

„Materia nu este ceva uniform, cu o singură proprietate. Ea există sub forma unei diversități infinite de corpuri, de obiecte, care se deosebesc între ele calitativ și cantitativ. Ele formează grupe de obiecte înrudite prin însușirile lor, pe care le numim diferite forme ale materiei. Diferitele forme ale materiei se deosebesc prin complexitatea mai mare sau mai mică și formează obiectele de cercetare ale diferitelor științe : fizica, chimia, biologia etc.". (B.F.M., 1962, p. 98).

„Formele materiei sînt calitativ specifice ; ele apar ca trepte ascendente deosebite în evoluția naturii. Deși substanțial fiecare din ele, la urma urmei, este alcătuită din aceleași forme relativ simple ale materiei cercetate de fizică, ele nu pot fi reduse la acestea, după cum nici una din ele nu poate fi redusă la celelalte. Fiecare formă a materiei avînd trăsături comune cu toate celelalte forme ale materiei, are și trăsături proprii, specifice numai ei, supuse legilor speciale corespunzătoare. Recunoașterea multitudinii calitative a formelor de materie din ce în ce mai complicate și nereductibilității lor la forme mai simple reprezintă o caracteristică importantă a concepției materialist dialectice despre materie". (O.M.F., 1964, p. 81–82).

Etapele unei dezvoltări fiind formate din „aceleași verigi" înseamnă că fiecărei particularități a materiei, specifică unei etape a dezvoltării, îi corespunde o particularitate similară, dar

superioară din noua etapă a dezvoltării. Cu alte cuvinte : fiecărei particularități structurale și calitative a materiei biosice îi corespunde o particularitate similară, dar calitativ superioară a materiei noesice. Aceste particularități se oglindesc în tezele teoriilor privitoare la materia care a parcurs etapa respectivă a dezvoltării. Deci, cunoscînd particularitățile materiei biosice oglindite în tezele teoriei biostructurale, putem intui particularitățile similare ale materiei noesice și chiar formula tezele corespunzătoare, dacă ținem seamă de deosebirea calitativă dintre particularitățile celor două forme ale materiei.

În cele ce urmează vom reda întîi principalele teze ale teoriei biostructurale, pentru ca apoi, pe baza lor, să trecem la formularea tezelor unei teorii a materiei noesice.

Printre *tezele teoriei biostructurale* vom lua în considerare următoarele opt (notate cu cifre însoțite de litera *a*) ;

1a. Dacă materia vie prezintă însușiri biologice ale căror manifestări (fenomene biologice) urmează legi biologice specifice, înseamnă că în materia vie există o anumită structură, care „poartă" aceste însușiri și pe care am numit-o „biostructură".

2a. Cum însușirile biologice se deosebesc calitativ de însușiri chimice și fizice, și cum manifestările însușirilor biologice (fenomenele vieții) urmează legi biologice specifice, calitativ deosebite de legi ale chimiei și fizicii, înseamnă că și materia biostructurată din care este alcătuită biostructura se deosebește calitativ de materia nevie obișnuită.

3a. Odată cu moartea însușirile biologice nu se mai manifestă. Înseamnă că odată cu moartea, biostructura „purtătoarea" acestor însușiri încetează să mai existe, adică se destramă iar materia biostructurată își pierde specificul ei transformîndu-se în materia nevie.

4a. În organismele vii se produc numeroase reacții biochimice care pot fi reproduse în soluții apoase în afara orgnismelor, în condiții de laborator. Deci și în organisme aceste reacții se desfășoară în mediul apos. Cum soluțiile apoase au alcătuirea moleculară, înseamnă că materia vie a organismelor, alături de materia biostructurată cuprinde și materia moleculară, care poate fi numită „materia moleculară coexistentă".

5a. Nu orice substanță poate deveni componenta materiei biostructurate. Devin numai acele substanțe ale căror alcătuire, stare și comportare pot fi modificate calitativ printr-un aport de

energie în condițiile existente numai în organisme. Odată modificate și integrate în materia biostructurată aceste substanțe capătă însușiri noi, exercită în această materie funcții, pe care nu le au atunci cînd ca simple molecule se găsesc în afara biostructurii, și condiționează specificul materiei biostructurate.

6a. Energia necesară atît transformării moleculelor obișnuite în componente ale biostructurii, cît și menținerii acesteia în stare funcțională normală, o furnizează biochimismul care se desfășoară în materia moleculară a organismelor vii.

7a. Cele două părți ale materiei vii : materia biostructurată și materia moleculară coexistentă sînt interdependente. Ansamblul lor constituie o unitate funcțională care poate fi numită „materia biosică". Fenomenele biologice care se desfășoară la nivelul materiei biostructurate din materia biosică depind de starea biostructurii și influențează fenomenele chimice, fizice și mecanice din materia moleculară coexistentă ; la rîndul lor acestea se repercutează asupra fenomenelor din materia biostructurată, influențînd starea biostructurii și prin ea starea organismului. Înseamnă că din punct de vedere sistemic, în materia biosică (materia vie a organismelor) raporturile dintre materia biostructurată și materia moleculară coexistentă sînt complicate deoarece se desfășoară la nivelul a două sisteme materiale calitativ diferite, fiecare avînd specificul structural propriu.

8a. Din punct de vedere energetic materia biostructurată prezintă particularități care o deosebesc radical de materia moleculară obișnuită. Datorită stării cu totul speciale a componentelor ei, naturii conexiunilor de esență corelativă dintre aceste componente și specificului său, materia biostructurată, împreună cu materia moleculară coexistentă este purtătoarea „bioplasmei", adică a unei plasme electrono-protonice. Tot datorită factorilor menționați materia biosică generează diferite emisii, ansamblul cărora constituie „structura materială a cîmpului biologic", prin care organismul viu poate acționa la distanță asupra altor organisme vii, influențînd comportarea acestora.

Termenul „bioplasmă" a fost propus de V. S. Grishtchenko în anul 1966. Sub bioplasma autorul presupunea atomi ipotetici „x". Autorul însă nu a dat o interpretare fizică esenței atomilor „x". Apoi concepția a fost dezvoltată într-o serie de lucrări ulterioare (V. M. Iniushin, 1969, 1972, 1973). ... Independent de noi, ipoteza unor stări deosebite (concepția biostructurilor) a fost dezvoltată de academicianul E. Macovschi încă din anul 1949 la București.... După părerea noastră bioplasma poate fi reprezentată printr-o plasmă electrono-protonică și electrono-ionică, fără a exclude existența „exitonilor". Bioplasma este o

plasmă organizată cu o structură ondulatorie proprie—biologograma. Bioplasma — structura cu anizotropie pluricomponentă. Se poate admite că bioplasma este a cincea stare a materiei, existența căreia este posibilă numai în condițiile spațiilor specifice (chiar din punct de vedere al considerațiilor geometrice) ale corpului întreg. Se poate afirma că mișcarea în spațiu a biostructurilor (dezvoltarea embrionară la animale, creșterea și diferențierea la plante) e condiționată de însușirile interne ale bioplasmei și în primul rînd de geometria ei. Există motive pentru a admite că bioplasma este un sistem lipsit de entropie. De altfel lipsa entropiei în bioplasmă poate să se mențină timp îndelungat". (V. M. Iniushin, 1974. p. 331).

„*Bioplasmă*, sistem de particule încărcate electric (electroni, protoni, ioni) considerat ca materie de sine stătătoare. Sin. *plasmă biologică*. Noțiunea de bioplasmă introdusă recent în biologia generală, demonstrează existența în organismele vii a celei de a patra stări a materiei — plasmă. Spre deosebire de plasma fizică, bioplasma este caracterizată printr-o anumită organizare spațială, care determină alte manifestări ale proceselor fizice. Plasma din organismele vii, sau bioplasma, este un sistem cu o organizare extrem de complicată, constituind însă un ansamblu unitar. Concepția moleculară despre natura și structura materiei vii nu poate explica existența bioplasmei în organismele vii. Concepția biostructurată dă un răspuns întrebărilor fundamentale ale bioenergeticii contemporane, afirmînd că materia biostructurată, biostructura este matricea, baza materială a proceselor energetice din organismul viu, că materia biostructurată constituie suportul material al cîmpului biologic în întregul organism și că prin natura și continuitatea alcătuirii ei, este generatoare și purtătoare de bioplasmă, asigurînd necesitatea apariției acesteia și posibilitatea existenței sale. De asemenea materia biostructurată condiționează prin specificul alcătuirii sale, organizarea spațială a bioplasmei. Bioplasma apare ca o emanație a biostructurii, a materiei biostructurate. Dependența bioplasmei de materia biostructurată precum și unitatea și interdependența reciprocă bioplasmă-biostructură, rezultă din faptul că ambele coexistă numai în organismele vii. Odată cu moartea organismelor materia lor biostructurată se destramă, manifestarea bioplasmei încetează. (A. Potlog, V. Velican, 1974, p. 35).

„În anul 1923 cunoscutul savant sovietic A.G. Gurwitsh a comunicat descoperirea unui fenomen nou : inducția diviziunilor celulare într-o cultură aflată la distanță de o altă cultură cu diviziuni intense ; adică în jurul celulei în diviziune apare un cîmp care la distanță, printr-o lamelă de cuarț, incită diviziuni celulare într-o cultură în diviziune. ... Prezentăm aici dovezi de netăgăduit pentru existența radiațiilor în jurul obiectelor vii. Radiațiile din diferite regiuni ale spectrului vizibil și ultraviolet au fost puse în evidență cu ajutorul amplificatorilor fotoelectronici — receptori ultrasensibili ai luminii". (V.M. Iniushin, L.A. Kireeva, 1974, p. 338—339.)

„Elaborarea concepției plasmei biologice, cercetarea particularităților ei fizice a apărut ca o necesitate pentru interpretarea structurii materiale a cîmpului biologic ... Căutarea bazei materiale a biocîmpului a început în anul 1966. Noi sîntem de acord cu A.G. Gurwitsh, că în organismul viu, datorită biocîmpului se realizează normarea numeroaselor procese și structuri. Însă A.G. Gurwitsh nu a dat o interpretare fizică convingătoare a anturii cîmpului ubicvitar. Biocîmpul se descria numai geometric. Astfel a rămas un domeniu întreg al cunoașterii unde domnea vitalismul". (V. M. Iniushin, 1974, p. 330—331).

Acum, pe baza enunțurilor celor opt teze luate în considerare ale teoriei biostructurale privind materia biosică și pe baza principiului unității calităților, ajungem la formularea

tezelor corespunzătoare privind materia noesică (notate prin aceleași cifre, dar însoțite de litera *b*) și anume :

1b. Dacă materia noesică prezintă însușiri de a condiționa gîndirea abstractă, ale căror manifestări urmează legi specifice ale logicii, atunci înseamnă că în materia noesică există o anumită structură care „poartă " aceste însușiri și pe care noi o putem denumi „noesi-structură".

2b. Cum însușirile care condiționează gîndirea abstractă se deosebesc calitativ de însușirile biologice obișnuite, și cum manifestările acestor însușiri (fenomenele gîndirii abstracte) urmează legi ale logicii, calitativ deosebite de legile biologice, înseamnă că și noesistructura se deosebește calitativ de orice biostructură care se poate forma în materia biosică, adică în materia vie obișnuită.

3b. Odată cu moartea, însușirile care condiționează gîndirea abstractă nu se mai manifestă. Înseamnă că odată cu moartea, noesistructura, purtătoarea acestor însușiri încetează să mai existe, adică se destramă, iar materia noesistructurată își pierde specificul ei, transformîndu-se în materia nevie.

4b. În anumite împrejurări (anoxia cerebrală prelungită, anumite limite ale hipoglicemiei etc.) omul își poate pierde întîi reversibil, iar apoi nereversibil conștiința, deci și capacitatea de a gîndi abstract, deși scoarța lui cerebrală continuă să rămînă cîtva timp vie. Înseamnă că materia noesică a scoarței conține două forme ale materiei : materia noesistructurată, care în condițiile menționate întîi își pierde funcționalitatea iar apoi se destramă, și materia vie obișnuită, adică „materia biosică coexistentă", datorită căreia viața scoarței poate continua chiar și după destrămarea noesistructurii.

„Tulburările mentale progresive cari rezultă prin anoxie la înaltă altitudine sînt bine cunoscute. Cînd proporția oxigenului în sîngele venos cerebral scade cu aproximativ 24 % (corespunzător la aproximativ 15 mm Hg tensiune de oxigen în sîngele venos cerebral obișnuit), conștiința se pierde. ... Totuși simptome mentale mai blînde pot să apară chiar și înainte de starea de inconștiență, cu toate că în consumul de oxigen cerebral nu apar modificări sesizabile. ... Modificările funcțiilor mentale merg strîns paralel cu modificări ale consumului de oxigen cerebral ... O anoxie cerebrală prelungită duce la modificări metabolice intracelulare ireversibile. Cercetările au arătat că după 5 zile de la strangulare, care a durat 10 minute, pacientul fiind în comă, utilizarea oxigenului de către creier scade, în ciuda fluxului sanguin normal și a aprovizionării normale cu oxigen". .... „Deficiența de glucoză este de asemenea asociată cu tulburări ale funcțiilor mentale. ... Deoarece rezerva totală de glicogen și glucoză în creierul uman a fost estimată ca fiind echivalentă cu aproximativ 2 mg glucoză, la un consum scăzut de oxigen

cerebral în coma insulinică, această rezervă este consumată în aproximativ 90 minute. Într-adevăr acesta este aproximativ timpul limită peste care coma insulinică produce modificări ireversibile în creier, ..." (Sokoloff, 1960, p. 1856).

5b. Nu orice componentă a materiei biosice poate deveni componenta materiei noesistructurate. Devin numai acele componente a căror alcătuire, stare și comportare (datorită condițiilor specific umane de exercițiu, de activitate, de muncă) poate fi modificată calitativ în mod corespunzător printr-un aport de energie. Odată integrate în materia noesistructurată, aceste componente capătă însușiri noi, exercită în această materie funcții pe care nu le-au avut cînd, ca simple componente ale materiei biosice, se găseau în afară noesistructurii. Astfel fosfolipidele, care în biostructura creierului sub forma de „polifosfolipide" participă la exercitarea funcției mnezice (teoria biostructurală a memoriei) (E. Macovschi, 1966, p.231, pot participa la exercitarea unor funcții legate de gîndirea abstractă cînd sînt integrate în noesistructură. Faptul că dereglarea metabolismului lipidic poate juca un rol în patogenia unor boli psihice (R. M. Nalbandean, 1972, p. 21 ; Bleuler, 1972, p.586) concordă cu această idee.

„Conform concepției biostructurale, moleculele substanțelor devenite componente ale materiei biostructurate prezintă în noua lor calitate însușiri și stări deosebite de acelea pe care le-au avut înainte de asimilare. Ar fi deci de așteptat ca și fosfolipidele devenite componente ale biostructurii să se comporte cu totul altfel decît în calitate de molecule aflate în materia nevie a protoplasmei. Într-adevăr, se poate admite că datorită celor două funcții organice capabile să reacționeze între ele : gruparea fosforică și gruparea colinică sau colaminică, componentele fosfolipidice formează în biostructură, prin intermediul legăturilor ionice, un fel de „biopolicondensate fosfolipidice" sau „polifosfolipide" (noțiune nouă pentru biochimie), întocmai cum moleculele de aminoacizi, monozaharide și nucleotide, care de asemenea cuprind cîte două funcții organice capabile să reacționeze între ele, formează prin intermediul legăturilor covalente biopolicondensate corespunzătoare (greșit numite „biopolimeri) cum sînt polipeptide, polizaharide, respectiv polinucleotide. Pe cînd însă moleculele acestor din urmă biopolicondensate sînt în general filiforme, avînd în principiu o structură unidimensională, legăturile de tip ionic care se stabilesc între componentele fosfolipidice ale materiei biostructurate permit realizarea nu numai a unor lanțuri filiforme unidimensionale, dar și a unor rețele bi- și poate chiar tridimensionale. Mai mult, legăturile ionice între verigile lanțurilor și rețelelor polifosfolipidice conferă acestor formațiuni o deosebită sensibilitate, care le permite că participe la cele mai rapide fenomene biologice care se produc în protoplasma vie. De aceea, polifosfolipidele existente în biostructură se deosebesc profund prin structura și însușirile lor de așa-zișii biopolimeri de natura proteică, poliozidică și polinucleotidică. La aceasta trebuie adăugat că datorită numărului mare al diferitelor fosfolipide care pot intra în alcătuirea componentelor polifosfolipidice ale biostructurii și posibilității structurilor uni -, bi- și chiar tridimensionale, cantitatea de informație care poate fi acumulată în astfel de formațiuni este de-a dreptul fantastică, depășind cu mult pe aceea din moleculele principial unidimensionale ale acizilor nucleici, formate numai din patru tipuri de nucleutide." (E. Macovschi, 1969, p. 154).

„În ultimii ani s-au realizat succese în înţelegerea rolului dereglării metabolismului proteic, glucidic şi lipidic în patogenia bolilor psihice. Într-o serie de lucrări s-au făcut încercări mai mult sau mai puţin reuşite de a sintetiza faptele acumulate în acest domeniu." ... De exemplu : „în cazurile deficitului de cupru, apar în creier modificări morfologice, care atestă o lipsă acută a mielinelor. ... Se vede că perturbarea reglării cuprului în organism poate avea consecinţe grave pentru acesta". (R. .M. Nalbandean, 1972, p. 221, 225).

„Diferitele aspecte psiholpatologice de tip exogen acut, pot fi sistematizate pe baza schemei următoare : Slăbirea conştiinţei şi a întregii vieţi psihice" (scăderea funcţionalităţii noesistructurii), „etapa cea mai înaintată fiind pierderea conştiinţei în comă, ... trecerea vieţii psihice pe o treaptă simplificată, primitivă, psihosistemul amnestic acut, cunoscut sub denumirea de psihoză acută Korsakow" (corespunde destrămării noesistructurii cu păstrarea materiei biostructurate). „Printre formele ereditare speciale de debilitate mintală, pot fi menţionate în primul rînd acelea bazate pe un metabolism defectuos, moştenit, cauzat de lipsa unor enzime ... ca de exemplu în cazurile de metabolism lipoidic dereglat (scleroze cerebrale difuze, morbul Gaucher, idioţie amaurotică şi altele)". ... „Privirea de ansamblu asupra diferitelor etiologii ale debilităţii mintale, duce la constatarea că cele mai dese şi importante forme ... datorite dereglării metabolismului lipidic sînt : scleroza difuză de tip Pelizaeus-Merzmacher, scleroze difuze de tip Krabbe şi tip Scholz, forme infantile ale morbului Gaucher, idioţie amaurotică Tay-Sachs)" (Bleuler, 1972, p. 201, 586, 129)

6b. Energia necesară atît transformării componentelor materiei biosice în componente ale materiei noesistructurate, cît şi menţinerii noesistructurii în stare funcţională normală, o furnizează biochimismul care se desfăşoară în partea moleculară a materiei biosice coexistente. Înseamnă că insuficienţa aportului de energie poate provoca deficienţe în formarea şi starea noesistructurii cu repercusiuni asupra gîndirii abstracte. Astfel s-ar explica unele insuficienţe sau tulburări ale gîndirii datorite fie insuficienţei „energetismului" menţionat, fie stărilor patologice ca cele de hipotiroidism, însoţite de scăderea metabolismului general şi deci de scăderea producerii de energie.

„La pacienţii adulţi hipotiroidieni s-a constatat o reducere a ritmului metabolismului cerebral". (Sokoloff, 1960, p. 1856).

„Hipotireosa apare adesea ca o consecinţă a extirpării radicale a tiroidei (Cachexia strumipriva), precum şi după tratamentul tiroidei cu raze Röntgen, cu iod radioactiv şi cu medicamente tireostatice. ... Simptomul psihic important constă în încetinirea tuturor proceselor gîndirii, luării hotărîrilor şi mai ales a traducerii acestora în fapte. ... slăbeşte şi memoria privind evenimentele recente". (Bleuler, 1972, p. 334).

7b. Cele două părţi ale materiei noesice : materia noesistructurată şi materia biosică coexistentă, sînt interdependente. Fenomenele de gîndire abstractă depind de noesistructură şi influenţează fenomenele biochimice, biofizice şi biologice din materia biosică coesistentă; la rîndul lor acestea se repercutează asupra fenomenelor din materia noesistructurată influenţînd gîndirea abstractă. Înseamnă că din punct de vedere sistemic, în materia noesică raporturile dintre materia noesistructurată şi materiile biostructurată şi moleculară sînt deosebit de complicate, deoarece se realizează la nivelul a trei sisteme materiale calitativ deosebite, fiecare avînd specificul structural propriu.

Interdependenţa dintre materiile noesistructurată, biostructurată şi moleculară, coexistente în scoarţa cerebrală umană poate fi scoasă în evidenţă, de exemplu, cu ajutorul undelor electroencefalografice. Aceste unde depind de biostructura creierului (ipoteza biostructurală a undelor electroencefalografice ; Macovschi, 1970, p. 331). În adevăr se ştie, că aceste unde se înregistrează nu numai la om, ci şi la animale (pisici, iepuri etc.) care nu gîndesc abstract şi deci nu au noesistructură, şi nu se înregistrează la fiinţele moarte la care biostructura s-a destrămat. Faptul că gîndirea abstractă (de exemplu : efectuarea unui calcul matematic) modifică aspectul acestor unde, arată că fenomenele de la nivelul noesistructurii influenţează biostructura, iar fenomenele de la nivelul biostructurii provoacă variaţii ale concentraţiei ionilor la nivelul materiei moleculare ; de aici rezultă modificări ale potenţialelor bioelectrice şi, deci, modificări în aspectul undelor electro-encefalografice.

„S-a analizat ritmul alfa al undelor electroencefalografice la copii în vîrstă de 7—8 ani în timp ce rezolvau probleme de aritmetică de complexitate diferită. S-a constatat că frecvenţa şi amplitudinea acestui ritm se reduc în timpul activităţii mintale ; cu atît amplitudinea şi frecvenţa iniţiale sînt mai mari şi cu cît ele se reduc mai mult, cu atît rezolvarea problemelor se face mai repede şi mai corect"... „Aceste date arată că după caracterul iniţial şi gradul de reducere a ritmului în timpul rezolvării problemelor de aritmetică, se pot face, într-o anumită limită, aprecieri relativ la nivelul dezvoltării intelectuale a copiilor". (Biaşeva, Ibreşeva, 1974, p. 317).

„S-au efectuat înregistrări de EEG la 10 persoane sănătoase în următoarele situaţii: „repaus cu ochii închişi", „repaus cu ochii deschişi", „executarea unui calcul matematic mintal" şi „lectură". Analiza spectrală şi statistică multivariată a spectrelor a dus la următoarele rezultate :

1. Procentul intensităţii undelor alfa e diminuat în situaţia : „ochi deschişi" în cursul celor două activităţi mintale ; nu s-a constatat nici o deosebire între „calcul" şi „lectură".

2. O creştere semnificativă a undelor beta a caracterizat situaţia „ochi deschişi". O creştere suplimentară a procentului beta s-a observat în situaţia „lectură", dar nu în „calcul".

3. S-a constatat atît o creştere a procentului undelor teta în timpul „lecturii" cît şi a procentului undelor delta în timpul „calculului".

4. Analiza statistică a valorilor spectrale a EEG a relevat diferenţe în organizarea benzilor de frecvenţă. În timpul probelor de „calcul" şi de „lectură" s-a constatat o organizare mai complexă în interiorul frecvenţelor rapide, precum şi o modificare în distribuţia frecvenţelor în interiorul benzii alfa". (Dolce, Waldeier, 1974, p. 577).

Ca un alt exemplu poate servi faptul că printr-un efort al voinței (autosugestie) omul este în stare să-și modifice intensitatea proceselor oxidative din propriul corp.

,,Într-o experiență din 1970 la New Dehli, Ramanand Yogi a stat timp de aproximativ 6 ore într-o cutie ermetic închisă,... în care a avut o cantitate limitată de aer. În timp ce majoritatea cercetărilor urmăreau experiența, Ramanand a început meditația (autosugestia)... Nivelul teoretic al consumului de oxigen a lui Yogi, corespunzător metabolismului său bazal, a fost calculat la aproximativ 9,7 litri în jumătate de oră.... Cu toate acesta în prima jumătate de oră a experienței Ramanand a consumat numai 6,8 litri de oxigen, iar în cursul următoarei jumătăți de oră consumul a scăzut la 4,7 litri. Apoi, timp de 90 minute acest consum s-a menținut la acest nivel, care reprezintă aproape jumătate din minimul teoretic necesar vieții.... În fine, în următoarele două jumătăți de oră consumul de oxigen a atins limita inferioară de numai 2—3 litri în jumătate de oră.... Cu ajutorul electrodelor fixate pe cap s-a constatat manifestarea unei activități electrice cerebrale ritmice corespunzătoare unei stări de semisomn; bătăile inimii și ritmul mișcărilor respiratorii au fost slabe, în ciuda creșterii... Deci, Ramanand Yogi a coborît voluntar necesitatea sa de oxigen la un sfert din minimul necesar menținerii vieții". (Calder, 1970, p. 85—89).

,,S-a cercetat modificarea indicilor respirației externe și schimbului gazos în cadrul efortului static și autosugestiei, prin metoda spirografică cu analizorul de gaze AUH2. S-a constatat dependența între puterea autosugestiei, indicele schimbului gazos și tipul de temperament al subiectului... Faptele constatate arată că metodica menționată poate fi folosită pentru urmărirea gradului de influențare a respirației externe și a schimbului gazos sub acțiunea autosugestiei". (Grinberg, Iazlovețkii, Levitskii, 1974, p. 40—41).

Numeroase substanțe chimice ca anestezice (eter, pentobarbital), halucinogene (mescalin, LSD), euforizante (alcool), narcotice (cocaină, morfină) și altele modifică nu numai unele manifestări ale biochimismului din organism — nivel molecular, și aspectul undelor electroencefalografice — nivel biostructural, ci și desfășurarea gîndirii abstracte — nivel noesistructural.

,,Anestezicii generali. Cercetările noastre arată că aceste substanțe pot fi împărțite în două grupe, deși toate inhibă sinteza de ATP: *a*.— activatori ai ciclului pentozic (pentobarbital) și *b* — inhibitori ai ciclului pentozic (eter, cloroform, uretan).... Noi am arătat că acțiunea farmacologică a pentobarbitalului poate fi explicată parțial prin activarea ciclului pentozic. Această acțiune e necesară pentru sporirea sintezei membranelor rețelei endoplasmatice și a proteinelor microsomale... În aceste condiții pentobarbitalul scăzînd consumul de oxigen mărește eliberarea bioxidului de carbon cerebral. Asemenea acțiune a anestezicului duce la disocierea componentelor saline ale lipidelor membranelor celulare și ale reticolului endoplasmatic, ceea ce provoacă micșorarea permeabilității și excitabilității membranelor". (Laborit, 1974, p. 61—69).

,,Se poate stabili o corelație bună între electroencefalogramă și nivelul conștinței în cazul intoxicației alcoolice, sau a oricăror condiții asociate cu o conștiință neclară, dar nu se poate stabili aceeași corelație cu elementele specifice ale comportamentului". (Gibs, 1964).

8b. Din punct de vedere energetic putem admite că materia noesistructurată prezintă particularități care o deosebesc atît

de materia biostructurată, cît și de materia moleculară nevie. Datorită stării speciale a componentelor ei, naturii conexiunilor dintre componente și specificului său calitativ, materia noesistructurată, împreună cu materia biosică coexistentă, poate fi purtătoarea ,,noesiplasmei", calitativ deosebită de ,,bioplasmă". Tot datorită factorilor menționați, materia noesică poate genera emisii deosebite de emisiile materiei biosice și care constituie structura materială a unui cîmp corespunzător, deosebit de cîmpul biologic descoperit de A.G. Gurvici. Cîmpul acesta, datorit materiei noesice, poate fi numit ,,cîmp noesic", pentru a-l deosebi de ,,cîmpul biologic" sau ,,biocîmpul obișnuit". Forța lui, pînă nu demult cunoscută empiric numai unor inițiați, permite omului să acționeze la distanță nu numai asupra semenilor săi, influențînd comportarea lor, dar și asupra obiectelor vii și chiar nevii din lumea exterioară. Deci, aici, la acest nivel trebuiesc căutate secretele fenomenelor parapsihologice (telepatia, psihokinezia, și altele); (Michel, Tenhaëff, 1967, p. 268—291; Stevenson, 1970) și legăturile acestor fenomene cu procesele din materia noesică a scoarței cerebrale umane.

,,Parapsihologie, disciplină care studiază fenomenele paranormale ca percepția extra senzorială (previziune, telepatie) și presimțirea. Numeroase falsuri au discreditat aceste fapte și de aceea oamenii de știință în general nu se preocupă de ele, lăsînd astfel cîmp liber șarlatanilor. Cu toate acestea, de cîteva decenii cercetători de diferite specialități (psihologi, medici, fizicieni, matematicieni) încearcă să verifice experimental unele din aceste fenomene. În Italia profesorul E. Servadio, în Anglia doctorul L.T. Bendit, în Statele Unite profesorii J.B. Rhine și B.F. Ries și alții au efectuat lucrări stabilind într-un mod de netăgăduit, realitatea perpecepției extrasenzoriale. Dar problema nu este rezolvată, căci încă nu se cunosc procesele care duc la un asemenea fenomen. Printre ipotezele explicative, poate fi reținută aceea a lui S. Freud, care vedea în telepatie un mod de acțiune arhaic prin care indivizii reușeau să se înțeleagă mutual, dar care în cursul dezvoltării filogenetice (adică în cursul evoluției speciei) a fost înlocuit ,,printr-o metodă mai bună de comunicare cu ajutorul semnelor percepute prin organele de simț".... ,,Telepatia (din gr. tèle — departe, și pathos — sentiment) comunicare extrasenzorială, directă și la distanță, a gîndurilor unui individ către altul. Realitatea acestui fenomen straniu rămîne în discuție. În anul 1882, savanți din Cambridge, grupați într-o societate de cercetări psihice, a consacrat acestui fenomen numeroase studii, dar munca lor a fost combătută de T.H. Huxley și Helmholz. În jurul anului 1920 psihanalistul Steckel a arătat că telepatia se aplică în esență la sentimente cu o puternică pondere afectivă (dragoste, gelozie, ură etc.). ... Pe de altă parte S. Freud a dedus din unele observații că ,,transmisia gîndului" trebuie să se facă pe un plan inconștient și să asculte de aceleași legi (condensare, simbolizare) ca și tot celălalt material care îi aparține". (Sillamy, 1965, p. 208, 295).

,,Metapsihică. Richet a dat această denumire (1905) ansamblului de cercetări care privesc fenomenele în aparență supranaturale, pe care el le-a clasificat în: criptestezie — mod de cunoaștere extrasensorială (luciditate, telepatie, presimțire), telekinezie, adică acțiuni mecanice la distanță (inclusiv levitația) și ectoplasmie (materializare). În toate aceste fenomene ar interveni forțe necunoscute,

inteligente. Sin.: „paraphsihologie". ... „Telepatia. 1. Senzaţie de comunicare la distanţă prin gîndire. Se întîlneşte frecvent în unele cazuri de delir cronic. 2. Comunicare efectiv extrasenzorială a cărei realitate, încă discutată, este unul din cele mai vechi obiecte ale metapsihicii". (Piéron, 1963, p. 238, 396).

Dar mai este ceva. Cum cîmpul magnetic al unui solenoid nu dispare instantaneu în clipa întreruperii curentului electric care l-a generat, ci continuă să mai existe cîtva timp, nu este exclus ca şi cîmpul noesic să continue să persiste cîtva timp după destrămarea materiei noesice care l-a generat. Dacă timpul acesta este relativ lung şi dacă cîmpul noesic este specific pentru fiecare om în parte, materia noesică prezentînd o „specificitate personală", ajungem la o concluzie de-a dreptul fantastică, dar poate totuşi reală, că după moartea omului continuă să persiste în spaţiu, pînă se stinge, cîmpul lui noesic, capabil în anumite condiţii să acţioneze asupra altor oameni. Ar fi, deci, un fel de „ suflet material", care desigur nu are nimic comun cu „sufletul supranatural" despre care vorbesc misticii şi idealiştii.

Mai adăugăm că se pot face şi unele precizări privind dialectica materiei noesice, dacă se ţine seamă de analogii dintre această materie şi materia biosică obişnuită (Macovschi, 1969, p. 38). Astfel:

— *Calitatea dialectică* a materiei noesice constă în „noesistructură", care imprimă acestei materii însuşiri caracteristice.

— *Particularitatea dialectică* a materiei noesice constă în alcătuirea ei cu totul specială şi superioară alcătuirii moleculare specifice materiei nevii, precum şi alcătuirii biostructurale, specifice materiei biosice, adică materiei vii obişnuite. Datorită acestei alcătuiri cu totul speciale, materia noesică din scoarţa cerebrală umană se află în raportul de contradicţie dialectică externă cu materia biosică din restul organismului uman. În adevăr, aceste două forme ale materiei, pe de o parte sînt de calităţi dialectice diferite, iar pe de alta una din ele (materia biosică) poate exista în natură fără cealaltă (fără materia noesică), pe cînd aceasta din urmă nu poate exista fără prima.

— *Esenţa dialectică* a materiei noesice constă în unitatea „materiei noesistructurate" şi „materiei biosice coexistente", laturi contrare din care ea este alcătuită. Între aceste două forme ale materiei, aceste două laturi, sînt raporturi de contradicţie dialectică internă, întrucît ele se deosebesc calitativ una de alta, reprezintă două trepte diferite şi consecutive ale dezvoltării materiei, nu pot exista în natură una fără cealaltă şi se neagă reciproc transformîndu-se una în alta.

— În cadrul materiei noesice, materia noesistructurată reprezintă partea ei funcţional-specifică, iar materia biosică coexistentă reprezintă partea ei vie propriu zisă.

— Prin alcătuirea şi specificul ei „materia biosică coexistentă" din materia noesică a scoarţei cerebrale umane se deosebeşte profund de „materia biosică obişnuită" care alcătuieşte tot restul organismului, deşi ambele sînt de aceeaşi calitate „biostructural-moleculară", amîndouă fiind constituite atît din materia biostructurată cît şi din materia moleculară, coexistentă.

De altfel materia noesică prezintă şi alte analogii cu materia biosică. De exemplu după cum materia biosică se poate forma numai din materia moleculară, nevie, ajunsă la un anumit grad de dezvoltare, tot aşa şi materia noesică se poate forma numai din materia biosică ajunsă la un anumit grad de dezvoltare.

După cum prin dezvoltarea ei materia moleculară nevie a generat materia biosică dar a intrat şi ea în alcătuirea acesteia ca „materia moleculară coexistentă", tot aşa şi materia biosică a generat prin dezvoltarea ei materia noesică, dar a intrat şi ea în compoziţia acesteia ca „materia biosică coexistentă".

După cum trecerea de la materia moleculară nevie la materia biosică reprezintă un salt dialectic calitativ, tot aşa şi trecerea de la materia biosică la materia noesică reprezintă un alt salt calitativ.

„Cel de-al doilea sistem de semnalizare, noţiunea introdusă de I.P. Pavlov pentru caracterizarea unei forme calitativ deosebite a activităţii nervoase superioare, specifică numai omului. Spre deosebire de activitatea reflexă condiţionată obişnuită, comună omului şi animalelor (primul sistem de semnalizare — după I.P. Pavlov) în cadrul căruia realitatea este semnalizată direct, la cel de-al doilea sistem de semnalizare ea este semnalizată prin semnalele semnalelor primare « sub forma de cuvinte pronunţate, auzite sau văzute »". (**B.S.E.**, 1951, p. 360).

„Acest al doilea sistem de semnalizare, calitativ nou, superior şi perfecţionat, propriu numai activităţii nervoase superioare a omului, este strîns legat de primul sistem de semnalizare, dar joacă rolul esenţial în viaţa conştientă umană. După I.P. Pavlov aceste semnale ale semnalelor, vorbirea, cuvinte, sînt ca şi imagini ale realităţii. « Ele reprezintă abstractizarea realităţii şi permit generalizarea, ceea ce constituie gîndirea noastră superioară, umană, creatoare întîi a empirismului şi în sfîrşit a ştiinţei, instrument de orientare superioară a omului în lumea înconjurătoare şi în el însuşi »" (Astratian, 1951, p. 505).

Cele de mai sus constituie bazele unei teorii a materiei noesice, care ca şi teoria biostructurală a materiei vii obişnuite este adecvată concepţiei filozofice materialist dialectice. Pornind de la această teorie se poate trece la ipoteza corespunzătoare privind substratul material al gîndirii abstracte.

Ipoteza noesistructurală a substratului material al gîndirii abstracte se desprinde din teoria materiei noesice a scoarței cerebrale umane. Principalele ei teze pot fi formulate în modul următor :

— Gîndirea abstractă se manifestă cu participarea materiei noesice din scoarța cerebrală umană, formată din materia noesistructurată și din materia biosică coexistentă.

— Fenomenele gîndirii abstracte sînt fenomene specifice, care se deosebesc calitativ de fenomenele biologice și sînt superioare acestora.

— Legile logicii după care se produc fenomenele gîndirii abstracte , sînt legi specifice, care se deosebesc calitativ de legile biologice și sînt superioare acestora.

— Interrelațiile dintre gîndirea abstractă și diferite fenomene biochimice, biofizice și biologice din organism, depind și sînt condiționate de materia noesistructurată, de raporturile ei cu materia biosică coexistentă și de biochimismul care se desfășoară în partea moleculară a acesteia din urmă.

— Specificul substratului material al gîndirii abstracte trebuie căutat în alcătuirea materiei noesistructurate, biostructurate și moleculare coexistente în scoarța cerebrală umană, în comportările acestor trei forme ale materiei și în biochimismul care se desfășoară în această scoarță.

Concluzii

Din cele expuse pînă aici rezultă că fenomenele gîndirii abstracte pot fi privite în trei moduri diferite :

— ca fenomene ce se „reduc" la fenomene chimice și fizice,

— ca fenomene biologice, care depășesc fenomene chimice și fizice,

— ca fenomene noesice, specifice, ce depășesc fenomene biologice și cu atît mai mult pe cele chimice și fizice.

După modul cum dorim să le privim, ajungem la ipoteze diferite relativ la substratul material al gîndirii abstracte, iar de aici la conturarea direcțiilor diferite de cercetare, dependente de ipoteza pe care o adoptăm.

Dacă admitem că fenomenele de gîndire abstractă se „reduc" la fenomene chimice și fizice, înseamnă că ne situăm pe pozițiile ipotezei moleculare, după care scoarța cerebrală umană este alcătuită dintr-o singură formă a materiei : „materia moleculară". Deci pentru cunoașterea substratului material al

gîndirii abstracte trebuie să cercetăm compoziția chimică a scoarței și biochimismul care se desfășoară în această scoarță.

Dacă admitem că fenomenele de gîndire abstractă sînt fenomene biologice, care depășesc pe cele chimice și fizice, se deosebesc calitativ de ele și sînt superioare lor, înseamnă că ne situăm pe pozițiile ipotezei biostructurale, după care scoarța cerebrală umană este alcătuită din „materia biosică" (materia vie obișnuită), adică din două forme ale materiei : materia biostructurată și materia moleculară coexistentă. Deci, pentru cunoașterea substratului material al gîndirii abstracte trebuie să cercetăm nu numai compoziția chimică a scoarței și biochimismului care se desfășoară în ea, ci și alcătuirea materiei biostructurale a scoarței, precum și raporturile acestei materii cu materia moleculară coexistentă.

În fine, dacă admitem că fenomenele de gîndire abstractă sînt fenomene noesice, specifice, care depășesc pe cele biologice (și cu atît mai mult pe cele chimice și fizice), se deosebesc calitativ de ele și sînt superioare lor, înseamnă că ne situăm pe pozițiile ipotezei noesistructurale, după care scoarța cerebrală umană este alcătuită din „materia noesică" (materia vie specială, superioară celei obișnuite), adică din trei forme ale materiei : materia noesistructurată, materia biostructurată și materia moleculară (ultimele două formînd materia biosică coexistentă). Deci pentru cunoașterea substratului material al gîndirii abstracte trebuie să cercetăm nu numai compoziția chimică și biochimismul scoarței, nu numai materia biostructurată și materia moleculară existente în scoarță, ci și alcătuirea materiei noesistructurate și raporturile acestei materii cu materiie bi ıstructurată și moleculară cu care coexistă.

BIBLIOGRAFIA

ASTRATIAN, E. A., *Vîssaia nervnaia deiatelnosti*, Bolșaia sovetskaia ențiklopedica, vol. 9, 1951.

BALDWIN, E., *Dynamic aspects of biochemestry*, The university press, Cambridge, 1967, p. 209.

BERNAL, J. D., *Știința în istoria societății*, Edit. politică, București, 1964.

BIASEVA, Z. G., IBRASEVA, S. J., *K analizu zatilocinogo alfa-ritma electroențefalogrammi detei v vozraste 7—8 let pri reșenii arifmeticeskih zadaci*, Psihiceskaia samoregulațiea, Izd. minvuza Kazahskoi S.S.R., Alma Ata, 1974.

BLEULER, E., *Lehrbuch der Psychiatrie*, Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, 1972.

BOTNARIUC, N., *Biologie generală*, Edit. didactică și pedagogică, București, 1974.

BRACHET, J., *Nukleinovie kisloti i proishojdenie belkov*, Vozniknovenie jizni na zemle, Izd. Akad. Nauc S.S.S.R., Moskva, 1959.

BUTLER, J. A., *Science and human life*, London, 1957.

CALDER, N., *The mind of man*, British kroadcasting [illegible]poration London, 1970

CARRINGTON, R., *A biography the sea*, Ed. Chatto [illegible] 1960..

CHEVALIER, J., *Metaphysique*, Grand memento encyclopédique, Larousse, Paris, vol. I, 1936.
COTĂESCU, I., *Materia vie*, Edit. științifică, București, 1968.
DOLCE, G., WALDEIER, H., *Spectral and multivariate analysis of EEG changes during mental activity in man*, Electroencephalography and clinical neurophysiology, *36*, 577--584 (1974).
GIBBS, F. A., GIBBS, E. L., *Atlas of electroencephalography*, Addison Wesley publishing company, Reading, Massachussetts, Polo Alto, London, 1964, p. 477, 483, 485, 486.
GRINBERG, V. A., IAZLOVETKII, V. S., LEVITSKII, P. M., *Izucenie gazoobmena pri staticeskih usilieah i aktivmom samovnușenii*, Psihiceaskaia samoreguleațiea, Izd. minvuza Kazahskoi S.S.R. Alma-Ata, 1974.
HAAS, J., *An der Basis des Lebens*, Morus Verlag, Berlin, 1964.
INIUSIN, V. M., *Bioplasma i ee izlucenica*, Psihiceskaia samoreguleaţiea, Izd. minvuza Kazahskoi S.S.R., Alma-Ata, 1974.
INIUSIN, V. M., KIREEVA, L. A., *Bioradiografiea —metod indikaţii biologhiceskogo polea*, Psihicesbaia samoreguleaţiea, Izd. minvuza Kazahskoi S.S.R. Alma-Ata, 1974.
KARLSON, O., *Scurt manual de biochimie*, Edit. medicală, București, 1967.
KOSOVER, E. M., *Molekulearnaica biohimiea*, Izd. mir. Moskva, 1964.
LABORIT, G., *Metaboliceskie i farmakologhiceskie osnovi neirofiziologhii*, Izd. mediţina, Moskva, 1974.
MACOVSCHI, E., *Materia vie și premise ale unei teorii moleculare a memoriei*, St. cerc. biochim., 1966.
MACOVSCHI, E., *Biostructura*, Edit. Academiei, București, 1969.
MACOVSCHI, E., *Teoria biostructurală a undelor electroencefalografice*, St. cerc. biochim., 1970.
MACOVSCHI, E., *Natura și structura materiei vii*, Edit. Academiei, București, 1972.
MARKOV, A. A., *Ob otnoșenii fiziceskih zakonov k biologhiceskim, O sușcinosti jiznii*, Izd. nauka, Moskva, 1964.
MICHEL, A., TANHAEFF, W.H.C., *La parapsychologie, La psychologie moderne de A à Z. Comprendre-Savoir-Agir*, Presse de petits-fils de Léonard Danel, maîtres-imprimeurs à Loos-les-Lille, 1967, p. 268—291.
NALBANDEAN, R. M., *Nekotorîe biohimiceskie aspecti psihiceskih zabolevanii*, Voprosî biohimii mozga, Izd. Akad. nauk Armeanskoi S.S.R., Erevan, 1972.
OPARIN, A. I., *Jizni*, Bolșaiea sovetskaiea Enţiklopediea, Gos. naucinoe izd., Moskva, 16 (1952).
OPARÎN, A. I., *Originea vieţii pe pămînt*, Edit. științifică, București, 1960.
OVEDEN, M. V., *Jizni vo vselennoi*, Izd. mir, Moskva, 1965.
PIERON, H., *Vocabulaire de la psychologie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1963, p. 238, 396.
POTLOG, A., VELICAN, V., *Dicţionar practic de biologie agricolă*, Edit. enciclopedică, București, 1974.
RUSSEL, B., *Celovecescoe poznanie, Ego sfera i graniţî*, Izd. inostrannoi literaturî, Moskva, 1957.
SILLAMY, N., *Dictionnaire de la psychologie*, Librairie Larousse, Paris, 1965.
SOKOLOFF, L., *Metabolism of the central nervous system in vivo*, Handbook of Physiology, III, American physiological society, Washington, 1960.
STANCU, E., *Chimie biologică*, Edit. Didactică și pedagogică, București, 1970.
STEVENSON, J., *Telepathic impressions*, University press of Virginia, Charlottesville, 1970.
*** B.F.M. *Bazele filozofiei marxiste*, Edit. politică, București, 1962.
*** B.S.E. *Bolșaia sovetskaia enţiklopediea*, vol. 9, 1951.
*** O.M.F. *Osnovi marksistskoi filozofii*, Izd. politiceskoi literaturî, Moskva. 1964,

• Considerații privind structura ierarhică a sistemelor VII

V. SORAN

Dezvoltarea teoriei generale a sistemelor în ultimele trei decenii (L. von Bertalanffy 1950, 1962, 1968) a dat un puternic impuls cercetărilor în direcția cunoașterii structurii și funcționării celor mai diverse sisteme. Pe de altă parte, orientarea filozofiei și a unor discipline teoretice particulare spre investigarea sistemelor, sub cele mai diferite aspecte, a fost stimulată și de cibernetică. Rapida evoluție a ciberneticii, într-un răstimp relativ scurt, a cauzat acumularea unor cunoștințe care au oferit numeroase sugestii și soluții în aria investigării sistemelor.

Dintre toate sistemele ființînd în natură, gradul de complexitate cel mai mare a fost atins de sistemele vii. Această circumstanță, deși împovărează studierea lor, deschide perspectiva găsirii unor noi legități care să permită ample generalizări teoretice. Din acest punct de vedere se constată că actualele noastre cunoștințe despre structura și funcționarea generală a sistemelor vii sînt încă departe de a fi exhaustive. Rostul contribuției noastre este de a releva un aspect mai puțin abordat în cercetarea sistemelor vii — structura lor ierarhică și semnificația ei.

Înaintea expunerii acestui subiect ar fi necesar să definim cît mai exact noțiunea de sistem, în special cea de sistem viu. Încercările în această direcție, după cum au menționat mai mulți specialiști în materie (A.D. Hall și R. E. Fagen, 1956; V.A. Letorski și V.N. Sadovski, 1960; V.N. Sadovski, 1962; W.R. Ashby, 1964; A.J. Uemov, 1970, 1974), s-au izbit de serioase dificultăți teoretice. O definiție prea generală tinde să devină, prin simplitatea ei, trivială; reversul — o definiție atotcuprinzătoare se poate dilua într-o mulțime de caracterizări nesemnificative. Soluția momentan optimă este, credem, selectarea unei definiții mai restrînse, aplicabilă la mai multe sisteme sau la grupe de sisteme. În cazul nostru, al sistemelor vii, vom adopta definiția lui V.N. Sadovski (1962), modificată prin unele

adăugiri, cu scopul de a evidenția ordinea sau ierarhia existentă înlăuntrul acestora. Considerăm prin urmare *sistemele vii obiecte naturale, formate dintr-o mulțime cvasi-ordonată* *) *de elemente, care împreună cu relațiile și conexiunile lor generează o formațiune integrală oarecare* (aparținătoare unui nivel particular de organizare a viului). Introducerea în această definiție a condiției de mulțime cvasi-ordonată explică multiple însușiri ale sistemelor vii, între care și structura spațio-temporală (organizare și funcționare) conformă cu anumite „pattern"-uri (înțelese ca scheme organizatorico-funcționale).

Recunoașterea existenței unor „aranjamente" spațio-temporale de un tip definit în interiorul sistemelor vii, pune problema ordinei și semnificației acestora. Elemente, abia schițate, ale unei atari ordini sau ierarhii în interiorul unui sistem, găsim și în definiția dată sistemului de W.R. Ashby (1964). După Ashby *sistemul natural reprezintă o mulțime de variabile (elemente) între care există o conexiune, cel puțin cu un ordin mai puternică, decît conexiunea dintre diverse mulțimi.* Observăm că în această definiție accentul cade pe mărimea cantitativă a relației, mărime care impune de la început o ierarhizare a elementelor ce alcătuiesc un sistem.

Categoriile de structură și ierarhie de asemenea necesită unele precizări. Prin structura unui sistem cel mai adesea se înțelege partea lui stabilă, adică elementele sau părțile discrete ale sistemului (M. F. Vedenov, V.I. Kremyanskii și A.T. Shatalov, 1972). În cazul special al sistemelor vii structura este frecvent înțeleasă ca dispunerea spațială a elementelor discrete, considerate îndeobște stabile sau foarte stabile. Dar tot structură se poate numi și un sistem stabil de relații, care să reflecte interacțiunile dintre anumite părți, elemente și faze ale întregului. În această din urmă accepțiune conceptul de structură are sensul de ordonare în timp a proceselor. M. F. Vedenov și colaboratorii (1972) dau conceptului de structură o definiție generală, care include atît latura substanțială — aranjamentul spațial al elementelor — cît și cea privitoare la relații. După autorii menționați, *structura poate fi considerată ca totalitatea legilor prezente într-un sistem dat, care determină forma și comportarea lui.*

*) Introducerea termenului de cvasi-ordonat are o profundă semnificație. În interiorul sistemelor vii niciodată nu vom găsi o ordonare spațio-temporală perfectă a elementelor, asemenea situației dintr-un cristal. Cvasi-ordinea biologică este, după opinia noastră, rezultanta contradicției lăuntrice dintre necesitate și întîmplare, dintre riguros și aleator. Originea contradicției trebuie să o căutăm însă în extraordinara complexitate structurală și funcțională a sistemelor vii.

Ideea de ierarhie a fost discutată în teoria generală a sistemelor cel puțin în două sensuri. Mai multe investigații teoretice întreprinse pînă în prezent (H. C. Brown, 1917, 1924 ; R. W. Sellars, 1926 ; A. B. Novikoff, 1945 ; K. M. Khailov 1963 ; N. Botnariuc, 1965, 1967, 1969 ; L. L. Whyte, 1969 ; J. D. Anderson, 1971 ; M. I. Setrov, 1972 ; M. F. Vedenov, V. I. Kremyanski și A.T. Shatalov, 1972 ; I. Drăghici, 1972 ; V. I. Kremyanski, 1974) s-au ocupat îndeosebi de nivelurile de organizare ale materiei și de posibila lor ordine într-o înșiruire ierarhică. Dar, după cum precizează A.I. Uemov (1970, 1974), ierarhia poate fi socotită și drept o relație de ordine interioară. Orice sistem integral cu interacțiunile sale posedă cel puțin o relație de ordine interioară. Sistemele vii, prin natura lor complexă, fiind constituite dintr-o mulțime de elemente diferite (eterogene) legate între ele în felurite chipuri, vor avea implicit mai multe relații interioare. Această circumstanță creează, pe baza procesului de centralizare, constituie premisa ierarhizării. Centralizarea o înțelegem aici ca rezultatul cumulării unor funcții (relații), în virtutea unei selecții efectuate în timp. Situarea unei relații, prin selecție, sau prin alte mijloace, în vîrful ierarhiei (de regulă piramidală) conferă acestei relații însușirea de factor determinant sau de control. Orice schimbare, oricît ar fi de neînsemnată, în natura relației dominante, cauzează modificări profunde în structura și comportarea întregului sistem. Această vulnerabilitate a sistemului, datorită influențelor care ar putea exercita presiuni asupra relației dominante, pretutindeni în natură este contracarată prin întărirea mijloacelor ce converg în stabilitate.

Importanța orînduirii sistemelor materiale în diferite niveluri, structurate sau integrate ierarhic, a fost subliniată încă în prima jumătate a veacului nostru de către H.C. Brown (1917, 1924), R. W. Sellars (1926) și A. B. Novikoff (1945). Ulterior K. M. Zavadski (1961), N. Botnariuc (1965, 1967), M.I. Setrov (1972) și alții au aprofundat conceptul de nivel structural și de integralitate în lumea vie, deosebind 4 sau 5 niveluri de organizare a sistemelor vii. Acceptarea existenței a 4 niveluri (în unele cazuri și a cîtorva subniveluri), pare a fi principial poziția cea mai apropiată de realitatea obiectivă existentă în natură.

Nivelul primar de organizare a vieții îl constituie *organismul* sau *individul*. Apartenența unor formațiuni macromoleculare acestui nivel, cum ar fi de pildă virusurile, rămîne o problemă deschisă și discutabilă, ale cărei amănunte nu dorim să le dez-

batem aici. În cadrul nivelului individual de organizare a viului se pot întîlni organisme cu o complexitate crescîndă, începînd cu celula bacteriană și sfîrșind cu ființele pluricelulare supuse unor multiple coordonări (metabolică, umorală și nervoasă).

Individul, considerat ca un sistem independent, se distinge prin cîteva însușiri foarte generale. Eterogenitatea elementelor alcătuitoare crește odată cu mărimea complexității organizării sistemului. Relațiile interne ale sistemului cresc și ele corelativ cu augmentarea complexității. Creșterea sistemului este strict limitată și controlată pe baza unui program genetic. Multiplicarea sistemului se face prin reproducerea asexuată sau sexuată (cazul mai frecvent).

Indivizii se integrează într-un nivel structural ierarhic superior — *populația*. Populația socotită ca un sistem de sine stătător, este formată dintr-o mulțime de elemente cvasi-omogene; grupuri de indivizi aparținătoare acelorași specii. Proprietățile populației sînt în principiu deosebite de ale indivizilor. Creșterea sistemului nu este programată genetic; pentru acest motiv ea nu este strict limitată în spațiu și timp. În consecință, populația este capabilă de o expansiune, potențial permanentă. Controlul înmulțirii populației (modalitatea ei de multiplicare) se săvîrșește în ultima analiză de către mediul ambiant, fie direct (datorită limitării resurselor), fie mai ales prin intermediul „curentului de gene" care se scurge în permanență, pe măsura înlocuirii generațiilor. Interacțiunile interne ale sistemului „populație" sînt preponderent bilaterale, fără a exclude și posibilitatea influenței colective, în esență multilaterală.

În mediul natural populațiile diferitelor specii nu trăiesc izolate, ci într-o echilibrată conviețuire cu populațiile altor specii și într-un contact aproape permanent cu resursele de subzistență. Nivelul integrator superior care întrunește comunitățile de viețuitoare cu mediul de trai este *biogeocenoza* sau *ecosistemul*. Spre deosebire de populație, biogeocenoza (ecosistemul) este alcătuită din elemente foarte eterogene. Acestea permit geneza unor multiple interacțiuni ce reflectă în fapt existența unor relații multilaterale. Dezvoltarea ecosistemelor cuprinde două aspecte: organizarea unei rețele de interacțiuni, urmată, în condiții favorabile, de expansiune. Creșterea ecosistemului, asemenea creșterii populației, nu este programată. Multiplicarea ecosistemului se face printr-un proces caracteristic denumit regenerare. Regenerarea la rîndul ei se întemeiază pe înmulțirea coordonată și controlată a populațiilor aparținătoare diverselor specii care intră în interacțiune.

Totalitatea ecosistemelor de pe planeta noastră formează sistemul global al vieții — *biosfera*. În stadiul actual, biosfera este un sistem a cărui creștere a luat demult sfîrșit, găsindu-se de cîteva sute de milioane de ani în „starea staționară". Creșterea sistemului fiind terminată deci, dezvoltarea biosferei se săvîrșește prin perfecționarea organizării, a relațiilor dintre organisme sau a raporturilor dintre acestea și ambianța lor fizică, precum și prin unele restructurări parțiale. Se pare că din momentul genezei sale biosfera a suferit o singură restructurare totală și anume prin tranziția de la viața anaerobă la cea aerobă.

Dintre toate nivelurile menționate, cea mai pronunțată integralitate o posedă nivelul individual (organismul). Pe de altă parte, ierarhia internă cea mai pregnantă a structurii unui sistem, de asemenea caracterizează în cea mai mare măsură nivelul organismic. M. I. Setrov (1972) distinge chiar cîteva tipuri de ierarhii în cadrul unui sistem viu, care reflectă, evident, anumite situații obiective. Setrov discută ierarhia care se instalează în urma diviziunilor celulare, ierarhia spațială a elementelor unui sistem, ierarhia genetică, ierarhia de segregare și ierarhia proceselor fiziologice. M. F. Vedenov și colaboratorii (1972) admit o ierarhie de subordonare în trepte a părților, care ar putea fi de două feluri: multiplă și ramificată. Conform opiniei noastre structura unui sistem viu este ierarhizată, îndeobște, piramidal; deci procesele și elementele (părțile) din interiorul sistemului sînt subordonate unele altora după anumite legități.

De pildă în cazul organismului monocelular procariot sau eucariot, relația fundamentală, căreia îi sînt supuse, prin subordonare directă sau indirectă, toate celelalte procese și elemente, o constituie controlul, prin mijlocirea informației genetice. În structura celulei elementul esențial, de existența căruia depinde întregul sistem este nucleul; partea cea mai însemnată a proceselor informaționale desfășurîndu-se permanent în el. Nucleul celular, sau în cazul procariotelor (bacteriile și algele albastre) acidul dezoxiribonucleic inclus în unicul cromozom, sînt în esență substratul proceselor informaționale la nivel de individ monocelular. Procesele informaționale sînt susținute de informația depozitată (pasivă) în structuri precis definite (succesiunea codonilor în structura dublei elice a ADN-ului). Această informație pasivă poate fi, fără a se pierde, continuu activată și utilizată pe diverse canale (informația circulantă) care determină sau reglează anumite procese.

În cazul organismelor pluricelulare controlul sistemelor se realizează și prin procese informaționale paragenetice; pe cale umorală și nervoasă. Pe măsura creșterii în complexitate a acestor sisteme, relația informațională umorală, apoi cea nervoasă, devin dominante subordînd relațiile informaționale genetice care le-au generat. Pentru acest motiv, în recunoașterea unei poziții superioare în ierarhie trebuie să ne orientăm spre acele procese, care, pe lîngă relațiile în acțiune, posedă și o rezervă de relații potențiale. Reglarea nervoasă, determinînd o largă deschidere, pe cale informațională, a sistemului viu înspre lumea exterioară, constituie premisa nașterii „conștiinței de sine" și prin aceasta se situează în vîrful ierarhiei proceselor care controlează existența sistemelor vii complexe.

Nivelurile supraindividuale de organizare ale sistemelor vii se caracterizează printr-o integralitate mai scăzută (laxă) și printr-un control intern lent, favorizate de o ierarhizare mai estompată a structurilor. Populația, de pildă, prin caracterul său de sistem cvasi-omogen, se comportă mai degrabă asemenea unui sistem omogen (unui gaz), decît similar unui organism. Spre deosebire de sistemele omogene fizice, care sînt controlate total de condițiile de mediu, populația este totuși supusă și unui control genetic intern, prin circuitul informațional al „curentului de gene".

Formarea unei rețele sau matrice de interacțiuni în cadrul ecosistemului, constituie premisa organizării unor procese informaționale de natură paragenetică operante în controlul acestui nivel de manifestare a vieții.

Indiferent de nivelul de organizare sau de integrare, structurile sistemelor vii se ordonează într-o înșiruire ierarhică izbitor de asemănătoare. Orice sistem viu, fără a lua în seamă complexitatea lui, este format dintr-o largă bază materială. Aceasta cuprinde în sine substratul substanțial (masa) și energia inclusă în masă (V. I. Dubovskoi și A.I. Kuzovskin, 1972). Latura substanțială a sistemelor vii determină supunerea lor legii conservării materiei și energiei, legilor generale ale termodinamicii. Datorită existenței acestui substrat material sistemele vii pot fi abordate și studiate cu ajutorul metodelor fizicii.

A doua componentă, esențială pentru ființarea și perenitatea sistemelor vii, este cantitatea de energie liberă care circulă în interiorul acestora. În raport cu cantitatea totală de energie inclusă în masa sistemului viu, energia liberă se găsește într-o

proporție infimă. Este suficient să ne gîndim că energia totală cuprinsă în masa unui mol de glucoză este de ordinul a $1,621.10^{22}$ ergi, pe cînd energia liberă degajată prin oxidarea unui mol de glucoză este de abia $2,871.10^{13}$ ergi. Cantitatea de energie liberă caracteristică unuia din cele mai însemnate procese fiziologice — respirația — este prin urmare abia 1 000 miliarde parte din întreaga energie inclusă în substanțele reactante.

În ciuda faptului că existența sistemelor vii se sprijină pe un curent foarte slab de energie în raport cu masa sistemului, acesta este suficient pentru menținerea și renovarea substratului, precum și pentru întreținerea unui flux informațional permanent.

În sfîrșit, cea de a treia componentă a sistemelor vii, care în ierarhia structurală a acestora ocupă poziția cheie, găsindu-se în vîrful piramidei, este cantitatea de informație pasivă și activă prin care se săvîrșește autocontrolul. Raportul dintre cantitatea de informație inclusă într-un sistem viu, energia liberă în circulație și masa sistemului încă nu ne este cunoscut cu precizie, deși ar putea fi calculat. Cunoscînd procesele care se desfășoară într-un sistem viu (dinamica lor), putem bănui că derularea lor necesită o cantitate foarte mică de informație în raport cu masa pusă în mișcare și energia cheltuită. De altfel întreaga evoluție a sistemelor vii s-a înscris pe linia unei eficiențe maxime realizată prin optimizarea proceselor. În sistemele vii se consumă cantitatea cea mai mică posibilă de energie pentru efectuarea unei transformări. Eficiența ridicată sub raport energetic, se datorează însă exploatării judicioase, de către sistemele vii, a informației disponibile.

Structura ierarhică a sistemelor vii este de altfel o condiție a evoluției lor. Încă H.A. Simon (1962) a lansat ideea că, dintre două sisteme materiale cu dimensiuni egale, acela care posedă structură internă ierarhică va evolua mult mai repede decît acela care nu o are. Așadar selecția naturală, principalul factor al evoluției lumii vii, nu poate opera în sistemele omogene, lipsite de o structură ierarhică. *Eterogenitatea este condiția necesară stratificării elementelor (structurilor) în timp și spațiu, iar consecința ei este inevitabila geneză a ierarhiei.* Numai sistemele eterogene posedă o structură ierarhică, în sensul că relațiile operante în interiorul acestora se pot înșirui în ordinea însemnătății lor, cu alte cuvinte într-o ordine care să se întemeieze pe diferențe de rang ce pot fi exprimate și matematic (C. Wittenberger și M. Rădulescu, 1962). În concluzie, numai sistemele

eterogene, iar sistemele vii de orice complexitate şi nivel sînt structural eterogene, posedă capacitate de dezvoltare şi posibilităţi de evoluţie.

BIBLIOGRAFIE

ANDERSON J. D., *Hierarchies and integration in ecology*, Proc. Ecol. Soc. Australia, 6, 1–6 (1973).

ASHBY W. R., *Sistemy i informatsya*, Voprosy filosofii, 3, 71 (1964).

BERTALANFFY L. VON, *An outline of general system theory*, Brit. J. Philos. Sci., 1, 139–164 (1950).

BERTALANFFY L. VON, *General system theory. A critical review*, General System, 7, 1–20 (Chap. 4) (1962).

BERTALANFFY L. VON, *General System Theory*, George Braziller, New York, 1968.

BOTNARIUC N., *Nivelurile de organizare a materiei vii şi unele legi specifice lor în lumina materialismului dialectic*, în culegerea *Materialismul dialectic şi ştiinţele naturii*, vol. X, *Rolul modelului în cunoaşterea ştiinţifică*, Edit. politică, Bucureşti, 1965, p. 378–398.

BOTNARIUC N., *Principii de biologie generală*, Edit. Academiei R. S. România, Bucureşti, 1967.

BOTNARIUC N., *Unele aspecte teoretice ale problemei integralităţii în biologie*, Analele Universităţii din Bucureşti, seria biologie, 1969.

BROWN H. C., *Structural levels in scientist's world*, Journal of Philosophy, 7, 195 (1917).

BROWN H. C., *The materialis's view of the concept of levels*, Journal of Philosophy, 22, 214 (1924).

DRĂGHICI I., *Esenţa vieţii*, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1972.

DUBOVSKOI V. I., KUZOVKIN A. I., *Razvitie urovnei organizatsii biologicheskikh sistem v svete vzaimosvyazi struktury s massoi i energii*, V sb : *Razvitie kontseptsii strukturnykh urovnei v biologii*, Izd. Nauka, Moskva, 1972, p. 176–182.

HALL A. D. and FAGEN R. E., *Definition of System*, in *General Systems*, 1956, vol. 1.

KHAILOV K. M., *Problema sistemnoi organizovannosti v teoreticheskoi biologii*, Zhurnal obshchei biologii, 24, 5, 324–333 (1963).

KREMYANSKI V.I., *Schiţa unei teorii a „nivelurilor integrative"*, în culegerea *Metoda cercetării sistemice*, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1974 (orig. sovietic, 1970), p. 192–217.

LETORSKI V.A., SADOVSKI V.N., *O printsipakh issledovaniva sistem*, Voprosy filosofii, 8, 67–79 (1960).

NOVIKOFF A.B., *The concept of integrative levels and biology*, Science, 101, 2618, 209–215 (1945).

SADOVSKI V.N., *K voprsosu o metodologicheskikh printsipakh issledovaniya predmetov, predstavlyayushchikh soboi sistem*, V sb : *Problemy metodologii i logiki nauk*, Tomsk, 1962, p. 73.

SADOVSKI V.N., *Analiza logico-metodologică a „teoriei sistemelor" a lui L. von Bertalanffy*, în culegerea : Metoda cercetării *sistemice*, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1974, (orig. sovietic 1970), p. 159–191.

SELLARS R.W., *The principles and problems of philosophy*. New York, 1926.

SETROV M.I., *Vzsiasoviyakh' osnovnykh ierakhicheskikh ryadov organizatsii zhivogo*, V. sb : *Razvitia kontseptsii strukturnykh urovnei v biologii*, Izd. Nauka, Moskva, 1972, p. 311–321.

SIMON H.A., *The architecture of complexity*, Proc. Amer. Philos. Soc., 106, 476–482 (1962).

UEMOV A.I., *Sistemele şi cercetările sistemice*, în culegerea : *Metoda cercetării sistemice*, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1974 (orig. sovietic, 1970), p. 69–91.

VEDENOV M.F., KREMYANSKII V.I., SHATALOV A.T., *Kon tseptsiya strukturnykh urovnei v biologii*, V. sb : *Razvitie kontseptsii strukturnykh urovnei v biologii*, Izd. Nauka, Moskva, 1972, p. 7–70.

WHYTE L.L., *Structural hierarchies a challening class of physical and biological problems*, in : *Hierarchical Structures*, New York, 1969.

WITTENBERGER C. şi RĂDULESCU M., *Despre metoda statistică a indicelui de ordine*, St. cerc. biol., 13, 2, 397–407 (1962).

ZVADSKI K.M., *Uchenie o vide*, Leningrad. 1961

• Gîndirea sistematică și reevaluarea sistemică în biologie

V. SĂHLEANU

Intenția intervenției noastre transpare din titlu, unde am alăturat adjectivului, bine încetățenit, „sistematic", neologismul încă neasimilat „sistemic". Alăturarea sugerează o opoziție. Prin tradiție, gîndirea „sistematică" din biologie este o gîndire ce clasează și clasifică, elementele dintr-un inventar. Gîndirea „sistemică" vrea să fie o abordare a realității ținînd seama de interacțiunile existente (sau bănuite) în *lucruri* — și nu de cele sesizate *în minte*. Asemănarea sau analogia sînt relații între reprezentări sau modele mintale. Ciocnirea a două corpuri sau nașterea unui făt de către o mamă sînt interacțiuni obiective, de tip cauzal sau genetic. Organizarea taxonomică a datelor despre lumea vie în specii, genuri, familii, ordine, ranguri etc., a fost un demers *sistematic*. Studierea fiziologiei unui organism sau a proceselor ce se petrec într-o biocenoză sînt demersuri *sistemice*.

Distincția merită să fie subliniată pentrucă are un caracter operațional. Dar — pe bună dreptate, s-ar putea aduce unele obiecții : 1) — o definiție cuprinzătoare pentru „sistem", în care înlocuim „interacțiune" prin „conexiune" va cuprinde și sistemul de cunoștințe ; 2) — în lucrarea inițială *Systema naturae* a clasificatorului Linné, promotorul orientării sistematice în biologie, există implicată o anumită filosofie despre organizarea armonioasă și ierarhică a Naturii, concretizarea logicii aristoteliene a claselor în *sistematica* sa fiind numai expresia unei viziuni *sistemice* proprii asupra Naturii creată de Divinitate (viziune de inspirație teologică și juridică — după cum s-a precizat recent) ; 3). — orice cercetare care nu se mărginește să fie inventariere clasificatoare, a fost „sistemică" *avant la lettre* ; 4) — sistematica botaniștilor și zoologilor de azi, în măsura în care este „naturală", ține seama de criterii ecologice și filogenetice și, ca atare, este fundamentată „sistemic".

Cu toate acestea, susţinem că insistenţa cu care „sistemicienii" pretind să fie ascultaţi, ca purtători ai unui nou suflu metodologic şi teoretic, este şi ea, pe deplin justificată. Vom ilustra teza noastră cu cîteva probleme :

A) Influenţa logicii clasificatoare — şi, ca atare, diferenţiatoare este atît de puternică în mentalitatea ştiinţifică curentă, încît ea ridică obstacole în constituirea unei biologii generale de îndată ce depăşim nivelul organismic al organizării materiei vii. Sinecologia, chemată să studieze ecosistemele cu toate componentele în interacţiune — microorganisme, plante, animale, minerale, sol, factori meteorologici, este mai mult *un deziderat* decît o *realizare*. Botaniştii, zoologii, microbiologii şi pedologii îşi depăşesc cu greu limitele psihologice ale propriilor specialităţi şi subspecialităţi. Un primatolog are o erudiţie formată după criterii taxomomice — şi pentru el maimuţele din Lumea veche sînt mai „apropiate" de cele din Lumea Nouă, decît de bananele cu care se hrănesc primele sau de insectele care le parazitează, de virusurile care le îmbolnăvesc şi cu care se găsesc, efectiv, în interacţiune sistemică. Obstacole psihologice înrudite explică dificultăţile întîmpinate de „unificarea" ecologiei cu etologia, deşi este evident că în comportamentul animalelor, fie ele insecte sau vertebrate, se găseşte unul dintre factorii echilibratori sau dinamici ai ecosistemelor ; este de ajuns să ne amintim de polenizarea entomofilă. Problema devine de-a dreptul spinoasă cînd sîntem obligaţi să abordăm situaţiile în care se resimte influenţa umană. O viziune ecologică completă trebuie să ţină seama, în aceste cazuri, de factori psihologici, sociologici, culturali, economici, axiologici. Abordarea sistemică este chemată să ignore „barierele" taxonomice, acordînd factorilor eficienţi locul şi importanţa cuvenită, indiferent de apartenenţa lor la un regn sau la altul, la biosferă, la noosferă sau la tehnosferă.

Cum devine posibilă o astfel de transgresare a limitelor tradiţionale dintre discipline, limite cu justificare ontologică? Recunoscînd, pe de o parte, că tocmai zonele „interfaciale" dintre formele de mişcare ale materiei sînt foarte bogate şi diverse în interacţiuni — şi observînd, pe de altă parte, că un anumit mod de a abstractiza, pus în evidenţă de teoria generală a sistemelor, permite studiul adecvat al sistemelor cu componente eterogene.

B) Din punctul de vedere al acestei teorii, au importanţă însuşirile caracteristice ale tipurilor (sau claselor?) de sisteme, *legile* proprii *de sistem*, indiferent de întruchiparea lor ca „obiecte". Toate sistemele deschise, sau toate sistemele oscilatorii, sau toate

sistemele informaţionale — au însuşiri şi legi de comportare care le apropie între ele, ceea ce — între altele — face posibil un transfer de concluzii sau de probleme : procedeu care fundamentează metodologia modelării. Este una dintre ideile care au generat cibernetica. O fiinţă vie poate fi caracterizată, abstract, prin însuşiri sistemice : astfel, organismul este un sistem eterogen, deschis, compartimentat, informaţional, neliniar, cibernetic, ierarhic, antialeator, autoadaptativ, antientropic etc. O nouă taxonomie, abstractă, se constituie ca un complement al celeia tradiţionale. În acest sens s-a elaborat, de exemplu, şi o „antropologie" abstractă", într-un fel mai apropiată de antropologia filosofică sau de biofizică decît de anatomie, fiziologie, psihologie sau sociologie. Conceptul de informaţie se clarifică pornind de la definirea legăturii de tip informaţional, tip de conexiune intersistemică. Însăşi viaţa suportă o redefinire sistemic-informaţională, care nu o leagă neapărat şi *concret* de metabolism, ci de existenţa mecanismelor de codificare genetică.

Cu alte cuvinte, în această perspectivă, un ordinator electronic „seamănă" mai mult cu un creier uman decît mulajul detaliat al unui creier uman sau decît creierul uman fixat în formol. Iar pentru rezolvarea anumitor probleme referitoare la psihismul uman, delfinul pare mai potrivit decît cimpanzeul, cu care este mai înrudit din punct de vedere taxonomic (sistematic şi filogenetic).

C) Fiziologia foloseşte o terminologie cu variate grade de abstracţiune. Cuvintele „secreţie" sau „contracţie" sînt mai concrete decît cuvintele „reglare" sau „homeostazie". S-ar putea pune întrebarea dacă printre termenii ei, nu ar fi potrivit să distingem unii care sînt proprii fiziologiei, desemnînd procese funcţionale specifice unor organe vii, de alţii care au o semnificaţie funcţională mai generală şi care ar putea fi numiţi, pur şi simplu, „funcţionali". Atunci „secreţie" sau „contracţie" ar aparţine primei categorii, în timp ce „reglare" sau „homeostazie" ar aparţine categoriei funcţional-sistemice. Este interesant să mai observăm că anatomia îşi sistematizează descripţiile, parţial după criterii fiziologice ; vorbim de „sisteme de organe", cum ar fi sistemul digestiv, sistemul cardio-vascular (sau circulator), sistemul locomotor etc. Am spus „parţial" deoarece : 1)— criteriul structural este şi el luat în considerare (în definirea sistemului nervos şi endocrin, de pildă) ; 2 — organele sînt, deseori, multifuncţionale, servind simultan mai multor „funcţii de organism" : muşchiul este şi un organ al termoreglării, osul este

și un organ hematopoetic — și totodată esențial în metabolismul fosfo-calcic etc.

Să ne oprim asupra conceptului de „sistem endocrin" și să ne întrebăm dacă el este justificat sau dacă justificarea este sistematică sau sistemică. O astfel de problematizare ar părea ridicolă, la prima vedere, într-o comunicare semnată de un om care și-a consacrat, pînă acum, 27 de ani cercetărilor endocrinologice și care are titlul de medic primar endocrinolog. Totuși conceptul de glandă endocrină este o transformare a celui de „glandă vasculară sanguină", introdus de Johannes Müller în prima jumătate a secolului al XIX-lea, pentru a grupa organe cu alcătuire anatomică și histologică *similară* : glandulară, dar fără canal excretor. Conceptul de hormon derivă din cel de secreție internă, introdus de Claude Bernard pentru a caracteriza funcția glicogenică a ficatului, prin opoziție cu funcția sa biliară. Termenul de hormon a fost propus inițial pentru o secreție internă a duodenului, deci a unui organ fără structură specifică endocrină și care nu este grupat, nici de anatomiști nici de clinicieni, alături de glandele endocrine.

Pentru ca sistemul endocrin să fie un concept validat din punct de vedere sistemic, ar trebui să ne convingem că, luate împreună, epifiza, hipofiza, tiroida, paratiroidele, timusul, pancreasul, suprarenalele, gonadele — interacționează între ele mai strîns decît cu alte organe din organism. Este adevărat că hipofiza conține hormoni glandulotropi specifici, însă ea nu secretă numai glandulotropi. Iar rostul fiecărei secreții hormonale, cu excepția hormonilor glandulotropi, este de a regla funcțiile celorlalte sisteme de organe — și nu de a participa la un joc de interinfluențe intrasistemice intraendocrine. Cercetarea endocrinologică s-a orientat în principal asupra corelațiilor endocrino-viscerale și endocrino-metabolice — și nu asupra corelațiilor intraglandulare.

Cu toate acestea, toți cei care am lucrat cu convingerea că endocrinologia nu este o ramură științifică specializată în studiul a zece organe, ci însăși studierea reglărilor umorale din lumea vie, știm cîtă rezistență întîmpinăm ori de cîte ori încercăm să demonstrăm participarea omniprezentă și esențială a hormonilor, adică în procesele examinate de cei ce și-au ales o porțiune de organism, după „compartimentarea" anatomică (în sens propriu ca și etimologic) a acestuia.

Concluzia intervenției nu poate fi decît aceea de a ne feri să subestimăm valoarea euristică și operațională a abordării *sistemice* sub motivul că orice gîndire științifică este *sistematică*.

Sistem — informație

IOJI BONIS

1. Introducere

Planul, în mare, al acestei lucrări este, evident, strîns legat de titlul sau tema propusă spre abordare, respectiv : a) se va încerca o definire a categoriei de *sistem* prin delimitarea numai față de cîteva definiții mai de largă circulație ; b) o definire a categoriei de *structură*, punîndu-se accentul pe unele asemănări și deosebiri între sistem și structură ; c) o definire a categoriei de *informație*, acceptată în prezenta lucrare, de asemenea prin delimitarea față de alte definiții existente ; d) în sfîrșit, o punere în corespondență a categoriei de sistem cu categoria de informație.

În linii generale și foarte succint, lucrarea își propune să prezinte în fața cititorilor următoarele probleme (de discuție și de meditație) : este ori nu fructuos sub aspect științific sau euristic să se pună semnul egalității între sistem și structură ? ; tot așa cum reflectarea nu se poate identifica cu interacțiunea sau interdeterminarea (deși se bazează pe acestea), la fel nu se poate identifica informația cu reflectarea, ci — pentru a se evita antropocentrismul — este bine să considerăm reflectarea ca gen și informația ca specie, alături de celelalte specii principale (reflectarea pasivă, activă și conștientă) ; după definirea categoriei de informație (o anumită definiție) credem că va reieși clar o anumită apropiere între informație și sistem ; în sfîrșit, se observă — mai ales în zilele noastre — o mare interpătrundere de termeni sau concepte din domenii foarte variate, de exemplu termeni din fizică sînt folosiți în descrierea și explicarea fenomenelor sociale sau termeni și concepte referitoare *strict* la societate sînt transpuși — după părerea noastră — ilicit în descrierea și explicarea fenomenelor specifice calculatoarelor sau lumii animale.

Desigur că acest cadru relativ foarte îngust al spațiului afectat lucrării nu permite o rezolvare deplină a tuturor problemelor menționate. În plus, sîntem convinși că unele concluzii finale vor schița doar unele soluții, urmînd ca abia ulterior, în

urma reflexiei, a cercetării, să se stabilească dacă problemele ridicate merită ori nu atenția corespunzătoare, iar dacă merită o oarecare atenție, atunci care ar fi căile cele mai scurte, mai eficiente, de rezolvare a lor. M-am referit mai mult la problemele ridicate în ultima parte care — după părerea autorului — sînt deosebit de complicate (și care tind să se complice din ce în ce mai mult), necesitînd efortul colectiv al mai multor cercetători din domenii foarte variate. Evident, toate problemele menționate nu se referă numai la mișcarea științifică din țara noastră, ci — în egală măsură — și la mișcarea științifică de pe plan mondial, fapt ce rezultă imediat din cercetarea lucrărilor de specialitate.

2. Definiția conceptului de sistem

Este evident că — și în zilele noastre — orice încercare sau propunere de definiție a sistemului trebuie precedată înainte de toate de o raportare la definiția sau definițiile date de Ludwing von Bertalanffy, savantul-biolog cu largi deschideri spre epistemologie sau gnoseologie, cel care a pus bazele teoriei sistemelor și a inițiat multiple și variate cercetări în acest domeniu. Prin *sistem* Bertalanffy înțelege „un complex de elemente aflate în interacțiune" (1956) cu precizarea că sistemul se numește *închis* cînd el nu primește și nu cedează substanță (se admite doar un posibil schimb de energie) și sistemul se numește *deschis* dacă prin el intră și iese continuu nu numai energie, ci și substanță; sistemul deschis — spre deosebire de cel închis — se caracterizează prin echilibrul dinamic și prin faptul că, între anumite limite, stările lui finale nu sînt determinate de caracterul sau modificările stărilor inițiale, ci de proprietățile lui structurale. Definiției sistemului dată de Bertalanffy i s-au adus și i se mai pot aduce o serie de obiecții dintre care menționăm numai următoarele: deși termenul de „complexitate" apare aproape în mod unanim în definirea sistemului, totuși este un termen vag, întrucît nu există un criteriu ferm pe baza căruia să delimităm în mod categoric maximum de „simplu" de minimum de „complex" și — pe undeva — asocierea *complexității* cu *interacțiunea* constituie un pleonasm; termenul de „element" este destul de greu de definit și asocierea lui cu „schimbul de substanță" în definirea sistemelor deschise ne face să credem că Bertalanffy a avut în vedere numai natura (o parte a acesteia), excluzînd sistemele teoretice, conceptuale, excluzînd sistemele deschise din societate în care — în nici un caz — nu se face schimb de substanțe, deci

situîndu-se pe pozițiile materialismului premarxist (fapt care nu-i aparține cu exclusivitate numai lui Bertalanffy); cel mai greu de definit rămîne termenul de „interacțiune" care este polisemantic; nu reiese clar distincția dintre *sistem* și *structură*; se pare că Bertalanffy în definirea categoriei generale de sistem „a tras cu coada ochiului" „spre sistemele biologice care pe lîngă caracteristicile generale au și unele note specifice".

O a doua definiție pe care vrem să o supunem atenției cititorilor este cea propusă de A. Hall și R. Fagen (tot în 1956) după care „sistemul este o mulțime de obiecte împreună cu relațiile dintre ele și cu atributele lor", făcînd pe baza acestei definiții o clasificare a sistemelor — alta decît cea făcută de Bertalanffy — în *integrale* și *sumative*, respectiv: un sistem este *integral* dacă o modificare a unei părți a sistemului atrage după sine modificarea tuturor celorlalte părți și a sistemului în întregime; un sistem este *sumativ* dacă schimbarea unei părți a sistemului depinde numai de această parte. Și la această definiție vom face numai cîteva observații: a) termenii de „mulțime" și de „relații" sînt foarte bine aleși în definirea sistemului; b) prin „atribute" probabil că autorii au vrut să înțeleagă „proprietăți", substituire care introduce o notă de subiectivitate în definiție; în plus, nota de „atribut" încarcă în mod inutil definiția, întrucît, relațiile dintre obiecte se stabilesc numai pe baza proprietăților acestora; c) termenul de „obiect" îngustează foarte mult sfera categoriei de sistem (nu sub aspect cantitativ, ci sub aspect calitativ, al verificării acestora), întrucît considerăm că pe lîngă sistemele de obiecte mai există și sistema de proprietăți și siteme de relații, ceea ce se va vedea în cele ce urmează; d) din cele de mai sus rezultă că nu putem fi de acord cu V.N. Sadovski după care definiția dată sistemului de Hall și Fagen ar avea un caracter prea general, incluzînd atît sisteme propriuzise, cît și o serie de mulțimi de elemente lipsite total de orice caracteristici de integralitate; în plus, Sadovski identifică sistemul cu structura, întrucît consideră că sistemul este „o mulțime ordonată de elemente (obiecte)".

Deși nu acceptăm nici definiția lui W.R. Ashby (după care categoria de sistem constă din separarea unei anumite părți dintr-un întreg; sau: un sistem este o „cutie neagră") și nici cu definiția lui L.A. Zadeh (după care un sistem este un obiect abstract, iar acesta este o mulțime de perechi intrare-ieșire), întrucît le considerăm prea parțiale, prea mult orientate spre calculatoare sau mecanismele automate sau sistemele cibernetice, totuși sîntem de acord cu aceștia că în definirea sistemului (ca

și în elaborarea „teoriei generale a sistemelor" care trebuie să înceapă cu definirea categoriei de sistem) trebuie început de la „toate sistemele posibile" și apoi să se restrîngă această mulțime la dimensiunile corespunzătoare.

De aceea, propunem următoarea definiție a sistemului : *Numim sistem o mulțime de entități între care există cel puțin o relație.* În sprijinul acestei definiții vom aduce următoarele argumente, precizări sau observații : 1) noțiunea de mulțime o considerăm ca primitivă, ca dată — ca și în logica matematică, în special în teoria mulțimilor ; 2) prin entitate înțelegem orice obiect, proprietate sau relație ; prin urmare, vor exista sisteme de obiecte, de proprietăți (în cadrul esențelor obiectelor sau fenomenelor) și de relații (în interiorul sistemelor complexe sau hipercomplexe) ; iar după natura entităților pot fi sisteme obiective sau subiective ; 3) faptul că există „cel puțin o relație" evident nu exclude posibilitatea existenței unei mulțimi de relații ; 4) după ce vom defini categoria de structură se va vedea că aceasta nu se confundă cu categoria de sistem ; 5) în definiția categoriei de sistem nu mai trebuie introdusă nota sau determinația de operație (ar fi în plus), întrucît de exemplu în logica cu două valori de adevăr orice relație presupune existența a două operații (Florea Țuțugan, 1957) ; 6) clasificarea sistemelor în închise sau deschise nu mai necesită determinația de „operație", ci se va face pe baza termenului general e_n (entitate : $e_1, e_2, \ldots e_n$) astfel : dacă e_n este strct determinat atunci sistemul este închis, iar dacă e_n este nedeterminat, atunci sistemul este deschis ; 7) existența a cel puțin o relație asigură — după părerea noastră — integralitatea sistemului ; 8) nu mai este necesar conceptul de proprietate, însușire sau atribut, întrucît — după cum s-a mai arătat — relația se stabilește tocmai pe baza lor ; 9) existînd cel puțin o relație, există cel puțin două operații sau funcții, deci există o *stare* a sistemului, intrările și ieșirile corespunzătoare (L. Zadeh), însă de data aceasta nu ne rezumăm numai la obiecte abstracte sau numai la „intrări-ieșiri" sau numai la „cutia neagră" (W.R. Ashby) ; 10) existînd cel puțin o relație, deci cel puțin două operații, întrucît există posibilitatea transformării unei operații în alta există — după părerea noastră — „o relație generatoare de sistem" (V.N. Sadovski) ; 11) orice entitate poate fi un sistem, iar orice sistem — astfel definit — poate fi o entitate dintr-un sistem mai larg sau mai complex, introducîndu-se în felul acesta o viziune dialectică sub cel puțin două aspecte : a) nici o entitate nu este un *element absolut simplu* un atom, ci un sistem chiar dacă „astăzi" și „acum" nu i-am

descoperit *încă* entitățile componente și nici relația (relațiile) dintre ele ; b) nu există un sistem absolut izolat, ci orice sistem este o parte componentă, un subsistem dintr-un alt sistem mai larg sau mai complex ; 12) categoria de „conexiune" sau „interacțiune" foarte vagă și polisemantică este înlocuită cu categoria de *relație* bine definită în „logica matematică" mai precis în „logica relațiilor", în „logica formală aristotelică" și în „logica dialectică" ; 13) pe baza felului sau tipului de relații între entități sau sisteme, pe „orizontală" sau pe „verticală", în cazul cînd intervine *numai o singură relație* putem avea sisteme : a) de identitate sau echivalență ; b) de contradicție ; c) de subordonare ; d) de supraordonare ; e) contrarietate limitată pozitiv ; f) contrarietate limitată negativ ; g) de încrucișare sau indiferență implicativă (Fl. Tutugan, 1957) ; 14) stabilirea de sisteme *închise* sau *deschise* este relativă, însă obiectiv relativă ; 15) cînd apar mai multe relații, sistemele se diversifică și se complică foarte mult ; 16) stabilirea faptului că „ceva" este *entitate* sau *sistem* este relativă, însă — de asemenea — obiectiv relativă. Fără a considera că am epuizat această parte (de altfel, nici nu ne-am propus acest obiectiv), ne oprim aici cu observațiile pentru a ne ocupa în continuare — tot pe scurt — de categoria de structură.

3. Conceptul de structură

Așa cum s-a mai arătat și cu o altă ocazie, *structura* are, în general, următoarele aspecte esențiale ; a) actul de cunoaștere prin care subiectul abordează obiectul, ca orice formă a acțiunii, a activității umane, este creator ; b) importanța structurii se relevă într-o mai mare măsură în activitatea practică a subiectului de transformare social-istorică a obiectului ; c) în procesul creator al cunoașterii, subiectul *adaugă* obiectului(pentru a face dintr-un obiect oarecare din realitate, un obiect al cunoașterii) ceva din propria sa subiectivitate, respectiv acele elemente subiective care în conținut sînt determinate obiectiv ; d) structura este legată de *interacțiune* ; e) mai precis, categoria de structură este legată atît de categoria filozofică de *cauză*, cît și de categoria filozofică de *lege*. Se va arăta puțin mai departe că în egală măsură (dacă nu chiar într-o măsură mai mare) categoria de structură este legată de categoria de *necesitate* și de categoriile *posibilitate* și *realitate* ; f) categoria de structură se află în relație și cu categoriile corelative *conținut* și *formă* ; g) nu structura (J.

Piaget), ci sistemul are proprietate de *totalitate*; h) structura cuprinde în sine relaţia de *ordine*.

Vom propune, în continuare, următoarea definiţie a *structurii*: *Structura este o mulţime de entităţi esenţiale între care există o relaţie de ordine*. Dacă comparăm definiţia siste- mului cu definiţia structurii constatăm că ele nu se identifică, că nu pot fi confundate, întrucît: a) în sistem există entităţi oarecare, iar în structură intră numai entităţi esenţiale; şi b) în sistem era cel puţin o relaţie oarecare, iar în structură trebuie să fie o relaţie de ordine. Pe baza acestor proprietăţi, structura „se manifestă ca o *punte de legătură* între esenţă şi calitate" (Titus Mocanu, 1967). Structura reprezintă tocmai *esenţa ordonată*, respectiv proprietăţile esenţiale ale obiectului asupra cărora s-a operat o relaţie de ordine (de aici, funcţia teoretică şi mai ales metodologică, chiar euristică a categoriei filozofice de structură) *Esenţa* exprimă unitatea originară, fundamentală, mereu aptă de desfăşurări (structurări) încă nebănuite; *calitatea* ne apare ca oglindire parţială şi bine definită a esenţei la nivelul lumii fenomenale (este sinteza însuşirii caracteristice); iar *structura*, ca interpusă între esenţă şi calitate, constituie un moment ordonat al desfăşurării esenţei, fără a mai purta cu sine caracterul difuz al originilor. Este necesar să subliniem şi să reţinem că structura este inferioară esenţei, întrucît nu exprimă gradul de maximă profunzime şi nu epuizează esenţa care lasă deschise nenumărate porţi spre noi posibilităţi.

Materialismul dialectic şi istoric consideră că nu toate esenţele sînt de acelaşi grad; există o ierarhie a esenţelor, diferite ordine (gradaţii) de profunzime a esenţelor. În mod corespunzător va exista şi o *ierarhie a structurilor*, astfel încît un complex structurat poate constitui numai o parte componentă, elementară dintr-o structură mai amplă, iar fiecare nivel are legi proprii astfel încît structura unui nivel inferior nu poate epuiza structura unui nivel superior şi reciproc. Între aceste niveluri de structură există *legături genetice* (întrucît structura etajului superior este condiţionată de structura elementelor etajului inferior), dialec- tice de trecere de la un nivel la altul, în funcţie de schimbările ce se produc în cadrul fenomenului şi al calităţii.

În continuare, ne propunem să studiem procesul de trecere de la o structură a unei esenţe de un grad mai mic către o structură a unei esenţe mai profunde, pe baza dialecticii posibilităţii şi realităţii.

1.— Unica însuşire a materiei este mişcarea, iar unica însuşire a materiei în mişcare este spaţio-temporalitatea. Întrucît nu există obiect material care să nu fie în mişcare şi întrucît peste tot se află materie, rezultă că orice obiect trebuie să se mişte în interiorul materiei, deci este obligat să intre într-o multitudine de relaţii, conexiuni (directe sau indirecte, principale sau secundare, esenţiale sau neesenţiale etc.) cu toate celelalte obiecte. Interacţiunea este universală şi întrucît exprimă într-un grad sau altul structura aceasta are tot un caracter universal. Structuralitatea, ca proprietate fundamentală şi generală a materiei (în mişcare, în spaţiu şi timp) este expresia proprietăţii diferitelor obiecte materiale de a intra în diverse relaţii, iar diversele grade de interacţiune sînt diferite moduri ale structurii de a se exprima la nivelul fenomenului şi al calităţii. Aşadar, la acest nivel, orice interacţiune — în măsura în care este reală — există; sau — sub aspect intensional, structura reală exprimată prin interacţiunea generală are atributul sau determinarea de „a exista". Structura reală, nemijlocită, existentă şi lipsită de orice altă determinare o vom denumi *structură reală formală* care este echivalentă cu cea mai simplă formă de interacţiune şi este caracterizată printr-un grad foarte instabil al elementelor care intră în interacţiune.

2. Trecîndu-se la analiza esenţei structurii reale formale, se constată că ea nu este simplă, ci are un conţinut, cuprinde chiar laturi contradictorii — constituie unitatea dialectică a interiorităţii şi exteriorităţii, *a ordonării interioare şi a haosului exterior*. Conţinutul acesta al structurii reale formale, rezultat din autoreflectarea (autodeterminarea) în sine a acesteia, constituie structura posibilă formală care este o determinare internă a structurii reale formale. La acest nivel se constată o simplă coexistenţă a părţilor componente fără ca această coexistenţă să ducă la apariţia unor noi însuşiri proprii structurii sistemului (structura sistemului *sumativ*). În cadrul structurii sistemelor sumative tot ceea ce este real este şi posibil, întrucît orice conexiune ascunde posibilitatea unei structuri determinate a acestei conexiuni. Structura ca posibilitate formală are — evident — o sferă foarte largă, întrucît cuprinde mulţimea tuturor elementelor care pe baza proprietăţilor lor *pot* intra în interacţiune cu alte elemente.

3. Orice interacţiune, chiar dacă la început nu are o calitate (determinare calitativă), constituie un proces care duce la formarea unei calităţi; în interior au loc acumulări cantitative şi uneori constituiri de note, elemente, determinări calitative.

Acest moment intermediar între structura sistemului sumativ și structura calității constituite (respectiv momentul intermediar al constituirii structurii calității) este o structură superioară momentului anterior. Cînd s-a cercetat conținutul structurii reale formale, s-a descoperit structura posibilă formală (respectiv structura sistemului sumativ) pe care am privit-o numai sub aspectul formei. Însă ea are propriul ei conținut și întrucît este un conținut al structurii posibile și acest conținut este — la rîndul lui — tot posibil. În cadrul structurii sistemului sumativ pot apare relații trainice între unele sau altele dintre elemente, într-o formă sau alta. Este posibil un element ca și contrariul său. Această structură dinamică, ce constituie conținutul sistemelor sumative în autodezvoltare, se poate denumi *structură posibilă propriu-zisă* care reprezintă procesul acumulării cantitative atît de părți (anumite), cît și de trăinicie a relațiilor dintre ele.

4. Contradicția mai sus amintită determină dezvoltarea structurii posibile propriu-zise care, în autodezvoltarea (autonegarea) sa ajunge să se suprime și — totodată — să suprime și reflectarea în sine a structurii reale formale, devenind astfel o posibilitate nemijlocită sau — cu alte cuvinte — *devenind o structură reală*, însă nu formală, ci *propriu-zisă*. În acest moment structura sistemului sumativ a trecut în *structura sistemului integral* în care legăturile dintre părțile componente ale obiectului sînt mai puternice decît interacțiunile lui cu mediul și alcătuiesc o unitate de sine stătătoare, cu însușiri specifice ale întregului, diferite de cele ale părților. Structura aceasta posibilă propriu-zisă, care devine structură reală (structura sistemului integral) nu se confundă cu *toată* structura reală, nu este însăși structura reală, ci numai acea structură reală formală care s-a determinat pe sine ca fiind numai o structură posibilă. Întrucît — în cadrul structurii sistemelor integrale — fiecare parte, evoluînd într-un sens sau altul, poate determina — într-o măsură sau alta — trăinicia, tăria sau direcția evoluției sistemului, întrucît sistemul nu exprimă decît într-o măsură foarte mică structura, la acest nivel unitatea dintre structura posibilă propriu-zisă și structura reală propriu-zisă (în cadrul sistemelor integrale) din punct de vedere al esenței, al structurii nu exprimă decît *întîmplarea*. Întrucît sistemul integral își are temeiul în parte, iar partea își are temeiul în sistemul integral, la acest nivel se manifestă, acționează și începe să domine *cauzalitatea*. Reflectarea structurii în sistemul integral începe să îmbrace forma cauzalității (ca dominantă).

5. Prin dinamica autodezvoltării părților constitutive ale sistemelor integrale, prin acumulări cantitative urmate de salturi calitative, structura reală propriu-zisă ajunge să se contopească cu sine însăși și să se convertească nemijlocit în structură posibilă propriu-zisă, iar aceasta — la rîndul ei — contopindu-se cu sine se convertește nemijlocit în structură reală propriu-zisă. Identitatea aceasta a lor una în alta este tocmai *necesitatea*. Structura reală, care are atributul necesității constituie *structura reală efectivă*, care nu se mai confundă cu simpla existență a interacțiunii, are o oarecare stabilitate relativă, nu se mai dizolvă în curgerea și mișcarea haotică a interacțiunii, ci constituie structura existentă privită sub aspectul *generalității reale a cauzalității* și *a dominației legității*.

6. Structura reală efectivă cuprinde în sine o structură posibilă, însă de data aceasta nu o structură posibilă formală (așa cum apare la sistemele sumative) și nici o structură posibilă propriu-zisă (ca în sistemele integrale), ci o structură posibilă ca moment, latură, parte constitutivă a necesității. Structura aceasta posibilă ca expresie a ființării în sine a structurii reale efective, formează *structura ca posibilitate reală*. Structura ca posibilitate reală există în mod nemijlocit și este exprimată de totalitatea condițiilor necesare trecerii unei calități în altă calitate. Structura ca posibilitate reală este necesitate reală; structura unui fenomen fiind realmente posibilă nu mai poate fi altcumva. Deci, structura anumită a fenomenului va avea un caracter necesar.

7. Efectuînd analiza conținutului necesității reale, se constată că aceasta: a) cuprinde accidentalitatea; b) este o reîntoarcere în sine din acest reciproc și neliniștit mod-de-a-fi-altceva al structurii reale și al structurii posibile; c) însă nu este o reîntoarcere din sine în și la sine (Hegel). De aceea, în sinea necesității reale se dobîndește o unitate între necesitate și accidentalitate, care formează *structura reală generală*. La acest nivel, elementele componente ale structurii (numărul și felul lor) sînt necesare, întrucît depind (sînt determinate) de esență, însă fiind numai necesitate reală (care cuprinde în sine și accidentalitatea) și întrucît nu se produce o reîntoarcere din sine în și la sine, ordonarea elementelor se poate face într-un mod sau altul.

8. Necesitatea fiind numai reală este determinată la rîndul ei — în primul rînd — ca o structură reală care are determinația de necesară, întrucît conține necesitatea (și nu posibilitatea) ca

propria ei ființă-în-sine. De aceea, structura reală generală este ea însăși necesitatea sa și a structurii posibile; așadar, ea este — în același timp — și *structura posibilă generală* (al cărui atribut interior îl reprezintă tot necesitatea).

9. Dar structura ca posibilitate generală este *vidul*, este întîmplarea, însă de data aceasta o întîmplare a cărei conținut îl formează necesitatea și care — în plus — este structură reală generală. Se ajunge astfel din nou la structura reală în general și la structura posibilă în general însă,— în acest stadiu — la un general nu abstract, ci concret, care păstrează în sine toată bogăția particularului(și individualului), toate momentele anterioare ale dezvoltării structurii. Structura cuprinde acum, pe lîngă toate momentele anterioare și *determinarea strictă de ordine*, respectiv nu numai elementele, ci și ordonarea lor este necesară, fiind determinată strict de esență, și determinînd — la rîndul ei — ca structură, calitatea, însușirile, fenomenul și limitele posibile ale relațiilor acestuia cu obiectele înconjurătoare.

În concluzie vom reține următoarele: a) structura, pe lîngă funcția ei teoretico-constructivă (exprimată de logica matematică), epistemologică și metodologică (model de cercetare, de investigație a realității), are un corespondent ontic, real, obiectiv. Nu avem dreptul să absolutizăm nici unul din cele patru aspecte și nici să negăm valoarea, meritul, importanța uneia dintre ele, însă sîntem obligați să subliniem primordialitatea structurii obiective, caracterul determinant al acesteia față de funcția logică, epistemologică sau metodologică; b) structura trebuie abordată nu static, ci dinamic, în funcție de dezvoltarea obiectelor sau fenomenelor pe care le structurează. În acestă tratare diacronică *și* sincronică a structurii, un rol important revine categoriilor corelative posibilitate-realitate ca și categoriilor esență-fenomen, formă-conținut, parte-întreg, element-structură, necesitate-accidentalitate și cantitate-calitate; c) privită în autodezvoltarea ei, structura nu este numai *interacțiune* (B. Russell) sau numai *cauzalitate* (*Dicționarul englez*) sau numai *legitate* (Sviderski) ci ea este — rînd pe rînd — *într-o succesiune strict determinată*: interacțiune, cauzalitate, legitate, accidentalitate, necesitate, precum și posibilitate și realitate. Tocmai de aceea categoria de structură ocupă un loc important în cadrul teoriilor și principiilor deterministe: d) ierarhia structurilor posibile și a structurilor reale are o mare eficiență și importanță metodologică și gnoseologică.

4. Conceptul de informație

Pentru a ajunge la definiția categoriei de informație, vom pleca de la interacțiune sau interdeterminare sau conexiune,de aici vom ajunge la reflectare și — în cele din urmă — la informație. Despre caracterul obiectiv, necesar și universal al interacțiunii s-a spus cîte ceva în capitolul sau paragraful anterior, așadar, nu vom mai reveni și nu vom mai insista asupra acestui aspect. Să spunem numai cîteva cuvinte despre reflectare.

Reflectarea — în general — este o formă de interacțiune care exprimă o relație directă, reală între două obiecte *A* și *B*, în care se produc modificări, dar se modifică numai *A*, însă în așa fel ca *A* să rămînă în esență sub aspect calitativ, identic cu sine. Așadar, reflectarea — cum spune Lenin — este o proprietate generală a întregii materii (ce rezultă din interacțiune, se bazează pe acesta, dar nu se confundă cu ea) care constă din modificările ce se produc într-un obiect (*A*) în momentul cînd vine în contact cu alt obiect (*B*), astfel încît obiectul modificat să nu-și schimbe esența, să nu treacă în altceva (evident că aceste modificări pot duce în *cele din urmă* la o schimbare a calității și chiar a esenței obiectului, însă de acest aspect nu ne vom ocupa în prezenta lucrare).

Vom spune despre obiectul *A* care se modifică în relație cu *B* că are proprietatea de *reflectabilitate*. Aceasta poate fi de patru feluri: pasivă, activă, logică (logico-matematică) și conștientă. Filozofia marxist-leninistă nu se rezumă la sublinierea caracterului universal al reflectării, ci operează—în plus o distincție calitativă între diferite *forme* sau *niveluri* de reflectare în funcție de formele de existență sau de formele de mișcare (în special de dezvoltare) ale materiei. Astfel, la nivelul materiei nevii (în cadrul mișcării mecanice, fizice și chimice) se realizează reflectarea pasivă. În cadrul materiei vii în special în lumea animală se realizează o reflectare *activă* (care îmbracă trei forme: excitabilitatea, sensibilitatea și senzorialitatea). În cadrul omului și — prin abuz de limbaj — în cadrul calculatoarelor (produse superioare ale acțiunii social-istorice a oamenilor) se realizează o reflectare *logico-matematică*, iar reflectarea *conștientă* se realizează numai la om.

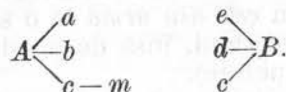
Vom introduce acum definiția dată de profesorul Mircea Tîrnoveanu (1964) conceptului de *reflectabilitate logică*: „*Precizarea* 1.2.1.1. *Reflectabilitate logică*. Se înțelege prin *reflectabilitate logică* (pe scurt: *reflectabilitate*) proprietatea pe care o

are un obiect (în general un sistem, finit sau infinit) de a efectua operațiile de *recepționare, înmagazinare, prelucrare* și *transmitere* a informației". De unde ne apar foarte clar cel puțin două lucruri : a) pentru a se realiza informația trebuie să se realizeze *toate cele patru* operații (recepționarea, înmagazinare, prelucrare și transmitere) și b) în felul acesta informația se plasează în a treia formă de reflectare, o întîlnim și la om (de altfel toate atributele formelor inferioare anterioare se transmit asupra formelor superioare), însă — în nici un caz nu o întîlnim la formele inferioare anterioare (în general, proprietățile formelor superioare nu se transmit asupra purtătorilor formelor inferioare).

Fie că se acceptă ori nu cele două *consecințe imediate*, oricum ne vom folosi de „definiția-precizare" a reflectabilității pentru a face o a doua formă de clasificare a reflectării.

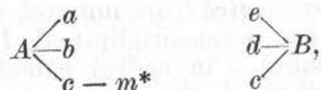
Fie două obiecte A și B; pentru ca A să se modifice în prezența lui B, rezultă că de la acesta a plecat către A (pe canalul proprietății comune c) un element m astfel încît :

a) dacă m este numai *recepționat* și *înmagazinat* de A atunci se realizează o reflectare *pasivă*, ca în schema de mai jos



De exemplu, o bucată de fier (A) în contact cu o sursă de căldură (B) va recepționa și înmagazina o cantitate de calorii (m) și se va dilata; respectiv, la proprietățile inițiale a, b, c, se va adăuga pur și simplu m.

b) Dacă m este recepționat, înmagazinat și *prelucrat* într-o modalitate proprie, pe baza *structurii* lui A, atunci se realizează o reflectare *activă*, după următoarea schemă :



în care m este transformat în m^*; adică m^* reprezintă atît modificarea suportată pasiv de către A, cît și modificarea suportată de m, prin acțiunea structurii lui A asupra *formei* lui m. De exemplu, excitația luminoasă (m) îndreptată asupra ochiului este recepționată, „înmagazinată", dar și transformată sub

forma de senzație (m^*), care în conținut este determinată de acțiunea obiectului (sursa de lumină), iar în formă de structura specifică și activă a ochiului; altfel va reflecta lumina ochiul omului și altfel ochiul furnicii. Așadar, reflectarea specifică la acest nivel nu se realizează niciodată sub forma lui m ci numai sub forma lui m^*.

c) Dacă m este recepționat, înmagazinat, prelucrat și transmis unui alt subiect logic A' atunci se realizează o reflectare logico-matematică în care la om (și încă o dată *prin abuz de limbaj* și la calculator) distingem următoarele elemente; a) doi subiecți logici A și A'; b) un obiect al cunoașterii (B); c) un proces psihic prin care m este transformat în m^* pe baza structurii lui A; d) un proces logico-lingvistic (deci, și un proces de semnificare) în care m^* este transformat în concept care este redat printr-un semn s_1; e) conținutul cunoașterii, respectiv imaginea pe care o deține A despre B; f) un semn s_1 distinct de B prin care A îi furnizează lui A' cunoștința pe care o deține despre B.

Am arătat că între A și A' se realizează un *proces de comunicare* (Pc) pe care îl definim astfel :

$$\text{Pc} \underset{\text{Df}}{=} |R;\ A,\ A';\ B,\ b;\ s_1;\ s_1^*;\ s_2;\ s_2^*|.$$

Vom explica, în continuare, numai semnele neintroduse anterior :

$\ldots \underset{\text{Df}}{=} \ldots$ egal prin definiție,

R — exprimă o relație între toate semnele din dreapta lui,

b este imaginea directă pe care o deține A despre B (sau o parte a acestuia),

s_1^* — *imaginea prin semn* (indirectă) pe care și-o formează A' despre B în urma recepționării lui s_1,

s_2 — semnul prin care A' îi transmite lui A ceea ce a înțeles din recepționarea anterioară,

s_2^* — imaginea prin semn pe care și-o forează A în urma recepținării lui s_2.

În acest moment „bucla" se închide, întrucît A are posibilitatea să compare pe b cu s_2^* și în funcție de felul și mărimea diferenței să-și îmbunătățească sau să-și corecteze transmisia inițială, evident, procesul poate continua pînă la s_n astfel încît diferența în modul dintre b și s_n^* să fie cît mai aproape de zero. Abia acum — considerăm noi — că se realizează informația, adică : a) numai în cadrul unui proces comunicativ realizat între doi subiecți logici, evident pe baza unui limbaj comun și b) numai după ce A' a fost *informat* („in" avînd aici nu semnifi-

caţia de negare totală a formei, de „deformat", ci pe cea de schimbare, de înnoire a formei) adică şi-a schimbat *sistemul* de cunoştinţe în urma recepţionării mesajelor lui *A*, însă nu-şi schimbă *structura* decît — eventual — într-un contact mai îndelungat, variat şi sistematic cu *A* (cum ar fi, de exemplu, în cadrul procesului de învăţămînt). Dealtfel, foarte mulţi gînditori abordează informaţia ca in-formaţie (cu semnificaţia de mai sus), însă o asociază cu ordinea sau organizarea, ceea ce trimite nu la sistem, ci la structură, mai mult sau mai puţin. Astfel, putem aminti — în acest sens — numai cîţiva cercetători : I.I. Smalhauzen, Quartler H., V. Săhleanu, G.A. Iugai, Moles A., G. Zapan, L. Brillouin, L.A. Petruşenko, N. Wienner, O. Coşta de Beauregard, A.I. Berg — la care se mai pot adăuga alţii.

A patra formă de reflectare, cea mai avansată, pe care o întîlnim numai la om este reflectarea conştientă care se caracterizează prin : a) reflectă nu numai aspectele exterioare, fenomenale, particulare ale obiectelor, ci şi pe cele interioare, esenţiale, generale ; de aceea, spre deosebire de animal care nu reflectă decît trecutul (instincte, reflexe necondiţionate)şi prezentul (reflexe condiţionate), omul în plus reflectă şi viitorul, are capacitatea de previziune ştiinţifică sau predicţie ; b) presupune scop (conştientizat), mijloace şi acţiune în vederea realizării acestui scop ; aici intervine fenomenul complex de decizie, specific numai omului, singura fiinţă pusă în situaţia de *risc*, de a acţiona nu în domeniul certitudinii sau incertitudinii absolute (maşina, animalul), ci în domeniul certitudinii relative sau al incertitudinii relative ; c) presupune grai articulat, *semne* sau simboluri cu semnificaţie şi nu semnele care să vizeze instinctele sau un eventual „ochi magic" ; d) — cea mai importantă : caracterul social al conştiinţei.

Credem că numai prin abuz de limbaj se poate vorbi de gîndirea calculatorului, de inteligenţa cîinelui sau a delfinului, de decizii sau obţiuni la nivelul animalelor, calculatoarelor şi chiar a unor organe din corpul omului sau al animalelor, de scop la animale şi calculator etc. Credem că chiar categoria de *organizare* ar trebui rediscutată şi regîndită. Dacă păstrăm rădăcina sau etimologia de la „organism", atunci există fie pericolul de a biologiza fenomenele sociale (domeniu unde credem că se foloseşte mai des şi mai propriu termenul de „organizare" sau „oragnizaţie" dacă doriţi), fie că antropomorfizăm fenomenele biologice. Dacă identificăm organizarea cu ordinea, atunci aceasta s-ar include în structură şi ar căpăta o sferă atît de largă încît credem că s-ar suprapune cu categoria de reflectare. Dacă păstrăm termenul

de „organizare" pentru animale (ceea ce — în momentul de faţă ar fi foarte greu, aproape imposibil), iar pentru om, clase, societate etc. am folosi termenul de „autoorganizare" (deşi este deseori — aproape unanim — folosit şi referitor la animale sau maşini cibernetice), atunci lucrurile s-ar mai simplifica puţin. Dacă luăm starea de fapt, atunci cred că se impune ca să adăugăm cîte o determinaţie celor doi termeni, respectiv — de la caz la caz — să ne referim la „organizare pasivă", „organizare activă", „organizare logică sau informaţională" şi „organizare conştientă" (este clar acum că termenul de „organizare" se suprapune cu cel de „reflectare", cel puţin ca sferă) sau de „autoorganizare cibernetică", „autoorganizare animală" şi „autoorganizare socială sau conştientă".

Acestea au fost doar cîteva din multitudinea de probleme de care ne izbim zilnic şi care am dorit să le supun atenţiei cititorilor cu speranţa dobîndirii unei (sau unor) mai grabnice soluţii.

BIBLIOGRAFIE

1. Apostol, P., *Cibernetică, cunoaştere, acţiune*, Edit. politică, Bucureşti, 1969.
2. Ashby, R.W., *Introducere în cibernetică*, Edit. tehnică, Bucureşti, 1972.
3. Ashby, R.W., *General Systems Theory as a New Discipline*, General Systems, III, (1958).
4. Bar—Hillel, Y., *Language and Information*, Addison-Wesley, Reading, 1964.
5. Bellu, El., *Structuralitatea — însuşire universală a materiei*, în vol. *Determinism şi cunoaştere*, Edit. politică, Bucureşti, 1967.
6. Bellu, El., *Structura şi mişcarea chimică a materiei*, Edit. ştiinţifică, Bucureşti, 1968.
7. Bertalanffy, L. von, *General System Theory — A Critical Review*, General Systems, *VII* (1962).
8. Bertalanffy, L. von, *General Theory of Systems : Application to pshychology*, Social Science Information, *6* (1967).
9. Bertalanffy, L. von, *General System Theory*, General Systems, *1* (1956).
10. Bonsack, Fr., *Information thermodynamique, vie et pensée*, Paris, Gauthier-Villars, 1961.
11. Brillouin, L., *La science et la theorie de l'information*, Masson, Paris, 1958
12. Chomski, N., *Aspects of the Theory of Syntax*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1967.
13. Constantinescu, I., Condrea, S., Nicolau Edm., *Teoria informaţiei*, Edit. tehnică, Bucureşti, 1958.
14. Ducrocq, A., *Logique generale des systèmes et des effets*, Paris, Dunod, 1960.
15. Greenwood, W.R., *Decision Theory and Information Systems*, Published by South-Western Publishing Company.
16. Guiaşu, S., Teodorescu, R., *Teoria matematică a informaţiei*, Edit. Academiei, Bucureşti, 1966.

17. GUIAȘU, S., *Aplicații ale teoriei informației*, Edit. Academiei, 1968.
18. GUILLAUMAUD, J., *Cibernetica și materialismul dialectic*, Edit. politică, București, 1967.
19. HALL, A.D., FAGEN, R.E., *Definition of System*, General Systems, *1* (1956).
20. HEGEL, G.W.F., *Știința logicii*, Edit. Academiei, București, 1966.
21. HEISENBERG, W., *Goethes Naturbild und die technische Welt*, Comunicare prezentată la Sesiunea științifică festivă a Asociației Goethe la Weimar, 1967 (35, Mocanu, Titus).
22. IAGLOM, A.M., IAGLOM, I.M., *Probabilitate și informație*, Edit. didactică și pedagogică, București, 1963.
23. IRIMIE, I., *Despre definirea informației*, Tribuna, *37* (1964).
24. IRIMIE, I., *Reflectare și informație*, în *Materialismul dialectic și științele naturii*, *X*, Edit. politică, București, 1965.
25. IUGAI, G.A., *Substanționalnîi prințip organizații jivoi sistemi*, Problema țelostnosti v sovremennoi biologhii, Moskva, Izd, Nauka, 1968 (Citat după Săhleanu, V.). (47)
26. JOJA, C., *Noțiunea de structură în filozofia științei contemporane*, Probleme de logică, *IV*, Edit. Academiei, București, 1972.
27. KATZ, E., *Informație și reflectare*, în *Materialismul dialectic și științele naturii*, *X*, Edit. politică, București, 1965.
28. KLAUS, G., *Kybernetik in philosophischer Sicht*, 4 Aufl. Dietz Verlag, Berlin, 1965.
29. KLAUS, G., *Cibernetica și societatea*, Edit. politică, București, 1966.
30. KOLMAN, R.E., FALB, P.L. ARBIB, M.A., *Topics in Mathematical System Theory*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, San Francisco (...) (fotocopie).
31. LABORIT, H., *Biologie et structure*, Paris, Gallimard, 1968.
32. MAȘEK, V.E., *Teoria informației și cercetarea estetică*, Revista de filozofie, *7* (1967).
33. MOCANU, T., *Structură, eveniment, valoare*, Contemporanul, *35*, din 1 sept. 1967.
34. MOCANU, T., *Structură și totalitate*, Contemporanul, *39*, din 29 sept. 1967.
35. MOCANU, T., *Ierarhia structurilor*, Comunicare științifică, prezentată la Sesiunea Științifică a cadrelor didactice din I.P.B. (Secția filozofie), mai 1968.
36. MOISIL, GR. C., *Structuralismul și dialectica*, rev. Secolul 20, *5* (1967).
37. MOLES A., *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, Ed. Flammarion, 1958.
38. MORARU, I., *Reflectare, informație și relația dintre ele*, Revista de filozofie, *1* (1966).
39. NICOLAU, EDM. *Introducere în cibernetică*, Edit. tehnică, București, 1969.
40. PARRY, J., *The Psychology of human Communication*, London, University of London Press, 1967.
41. PEATNIȚCHI, I., *Dialectica vitalității organismelor*, Edit. Academiei, București, 1969.
42. PETRUȘENKO, L.A., *Vzaimosviazi, informații i sistemi*, Voprosi filozofii. *2* (1964).
43. PIAGET, J., *Structuralismul*, Edit. politică, București, 1971.
44. QUASTLER, H., *The specificity of elementary biological functions and the measure of specificity*, în *Information Theory in Biology*, University of Illinois Press, Urbana 1953.
45. RUSSELL, B., *Human Knowledge*, Its Scope and Limits, London, George Allen and Unwin, 1956.
46. SADOVSKI, V.N., *Analiza logico-metodologică a „Teoriei generale a sistemelor"* a lui L. von Bertalanffy, în *Metoda cercetării sistemice* (61).
47. SĂHLEANU, V., *Știința și filozofia informației*, Edit. politică, București, 1972.
48. SCHRÖDINGER, E., *What is life?* Cambridge, University, Press 1944.

49. SHANNON, CL. E., *A Mathematical Theory of Communication*, Bell System Techn. J., *27* (1948).
50. SLAMA-CAZACU, T., (coordonator) *Cercetări asupra comunicării*, Edit. Academiei, București, 1973.
51. SVIDERSKI, V.I., *Dialektika i loghika naucinovo poznania*, Izd. Nauka, Moskova, 1966 (Citat după Bellu, El.) (6).
52. SMALHAUZEN, I.I., *Informația ereditară și transformările ei*, Analele româno-sovietice, Biologie, *2* (1759).
53. TARASENKO, E.P., *Contribuții la definirea noțiunii de informație în cibernetică*, Probleme de filozofie, *4* (1963).
54. TÎRNOVEANU, M., *Elemente de logică matematică*, Vol. I: Logica propozițiilor bivalente, Edit. didactică și pedagogică, București, 1964.
55. ȚUȚUGAN, FL., *Silogistica judecăților de predicație*, Edit. Academiei, 1957.
56. ZADEH, L.A., POLAK, E.— *Teoria sistemelor*, Edit. tehnică, București.
57. ZAPAN, G., — *Cibernetica activităților umane cu aplicații*, în Sociologia militans, *II*, Edit. științifică, București, 1969.
58. WALD, H., *Mai degrabă „negentropie"!...*, Viața Românească, *6* (1967).
59. *** *Cibernetica*, Edit. politică, București, 1963.
60. *** *La concept d'information dans la science contemporaine*, Paris, Gauthier-Villars, 1965.
61. *** *Metoda cercetării sistemice*, Edit. științifică, București, 1974.
62. *** *Notion de structure et structure de la connaissance*, Paris, 1958.
63. *** *Oxford English Dictionary*, 1933
64. *** *Philosophy of Science Today* (Edited by Morgenbesser), Basic Book, Ind., Publisher, New York, London.
65. *** *Sens et usages du terme structure*, La Haye, Ed. Mouton, 1962.
66. *** *Systems Analysis* (Edited by Stanford L. Optner).
67. *** *Știință și sinteză*, Edit. politică, București, 1969.

SYSTEM IN THE NATURALSCIENCES

(Summary)

The present volume comprises part of the papers presented at the session organized by the Romanian Committee on History and Philosophy of Science, devoted to the progress of the system concept in the methodology of natural sciences. The results and discussions of the session have demonstrated the considerable attraction held by the school of systems over our research workers, the wide and rich prospects it opens in various branches of concerns.

One of the most edifying advantages of the new method lies in establishing the isomorphism of models, which continues and enlarges the idea of similitude and analogy among systems. One speaks of isomorphism — a mathematical term denoting the one-to-one correspondence of elements, the relations between the two systems being maintained — when two phenomena not necessarily related from the point of view of their physical nature are described by the same equations or whose laws have the same mathematical expression.

The whole enthusiasm of systemic researchers has at its basis the isomorphism of the concepts, laws and models in different fields, opening the way for the transfer of methods from one field to another. This is in favour of the sciences where the conceptual and theoretical evolution has not witnessed the advances of the leading branches of science, the theoretical effort in different branches of research is speared, and the general perspective in science is promoted. Isomorphism is a unifying principle of science, due to the new ordering criterion that it offers, numerous statements for the theory of systems being valid in a great variety of cases whose nature have not suggested any similarity till now. This is one of the strongest arguments in favour of inter-pluri-and multi-disciplinary research. It is a characteristic feature of systemic works that they do not observe

the classical division of sciences and of bringing together works of physics, mathematics, mechanics and biology, as in the present volume . The most promising evolution of the systemic approach is the solution of social and technical problems, where the traditional separation of the technical aspects of production from the human, social or decisional ones led to fragmentary, incomplete and unintegrated solutions.

More pressure on mathematical methods for the prevision of more refined models, capable of giving expression to phenomena of growing complexity has seldom been exerted. Once the need for models, their legitimacy and advantages have been accepted, the problem of improving the ,,tools" the mathematical models are set up with, namely mathematical concepts and theories, also arises. Today, a large number of procedures and algorythms are made use of by the systemic method, which has collected them circulation value. Examples are provided by the automata theory, formal languages and stochastic processes, which can be added to the mathematical programming methods, to operational methods, in general, as part of the general effort of optimization which has been recently made in engineering, organization and economy.

Huge memory computers are of greatest use for the advance of new methods which are in fact instruments for mastering complexity. However we observe that their progress is mainly connected with the building technique and miniaturization, with what engineers call "hardware". Considerable results have been obtained in the field of automatic languages too, which make possible the transcription of a great number of problems into the languages of machines ("software"). We know how to use computers and we have them at our disposal cheaper than ever. We can also speak the language of computers, i.e. in the short hand writing of the program. But what is developing much slowlier than other branches of contemporary science is model building, the ability to describe phenomena by quantitative relations or by mathematical symbols, especially in the field of biology and sociology ("fineware"). It is one of the situations in which the computer abilities have overstepped the usage, suggesting new applications and new methods.

The Romanian school participates in carrying out this universal task, of a theoretical nature, which stands before a great number of research fields.

The book begins by introducing a new concept developed within the Romanian school named architecture of systems.

In order to stimulate these efforts and particularly the coming closer of the investigations carried out in various branches which do not meet to a sufficient extent on a multidisciplinary institutional ground, the Academy of the Socialist Republic of Romania has set itself the task of discussing, comparing and linking investigations to results, guided by a systemic methodology. The present volume, together with *Social Systems and Sciences*, does not cover the entire research front. They serve only as illustrations of same present-day concerns opening the path to new methodological contributions in the course of maturization in a large number of our scientific investigation laboratories, in close relationship with the practical problems set by modern technique and social construction.

M. Malița

TABLE OF CONTENTS